

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra ekonomiky**



**Diplomová práce**

**EKONOMETRICKÁ ANALÝZA DETERMINANT  
POPTÁVKY PO KÁVĚ V ČR**

**Zuzana Brummerová**

© 2017 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Zuzana Brummerová

Provoz a ekonomika

Název práce

Ekonometrická analýza determinant poptávky po kávě v ČR

Název anglicky

Econometric analysis of demand for coffee in the Czech Republic

---

### Cíle práce

Cílem diplomové práce je zpracovat ekonometrickou analýzu determinant poptávky po kávě v České republice. Na základě analýzy určit vliv jednotlivých faktorů na spotřebu kávy, charakterizovat závislost spotřeby kávy na determinantech poptávky a v neposlední řadě odvodit prognózu pro příští období.

### Metodika

V teoretické části práce je využita metoda studia dokumentu ke komplexnímu popisu spotřebitelského chování, fungování ekonometrického modelu a situace na trhu s kávou. V empirické části je zpracována ekonometrická analýza a jsou identifikovány hlavní determinanty spotřeby kávy v ČR.

Podkladová data jsou čerpána z Českého statistického úřadu.

---

**Doporučený rozsah práce**

50 – 60 stran

**Klíčová slova**

Ekonometrická analýza, ekonometrický model, spotřeba, cena, dovoz

---

**Doporučené zdroje informací**

ČECHURA, Lukáš. Cvičení z ekonometrie. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2008. ISBN 978-80-213-1825-0.

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD: czso.cz [online]. Dostupné také z: <https://www.czso.cz/>

GREENE, William H. Econometric analysis. 5th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, c2003. ISBN 0-13-066189-9.

HUŠEK, Roman. Ekonometrická analýza. Praha: Oeconomica, 2007. ISBN 978-80-245-1300-3.

HUŠEK, Roman. Základy ekonometrie. 2. přeprac. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1992. ISBN 80-7079-566-2.

TVRDOŇ, Jiří. Ekonometrie. Vyd. 5. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001. ISBN 80-213-0819-2.

VESELÁ, Petra. Kniha o kávě: průvodce světem kávy s recepty na její přípravu. Praha: Smart Press, 2010. ISBN 978-80-87049-34-1.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – PEF

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Lukáš Čechura, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekonomiky

---

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2017

prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2017

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2017

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Ekonometrická analýza determinant poptávky po kávě v ČR" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29.3.2017

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Lukáši Čechurovi, Ph.D za vedení mé diplomové práce, za jeho cenné rady, doporučení a odbornou pomoc v průběhu zpracování této práce.

# Ekonometrická analýza determinant poptávky po kávě v ČR

---

## Econometric analysis of demand for coffee in the Czech Republic

### Souhrn

Diplomová práce s názvem Ekonometrická analýza determinant poptávky po kávě v ČR analyzuje vliv vybraných faktorů na spotřebu kávy ve sledovaném období 1995 - 2015. Práce má dvě dílčí části. Teoretická část popisuje chování spotřebitele, obecný charakter ekonometrické analýzy, její cíl a dílčí metody. Dále se věnuje charakteristice analyzované komodity, a to kávě. Praktická část se zabývá sestavením nejdříve jednorovnicového modelu a poté simultánního modelu. Jednorovnicovým modelem je posuzováno, jaké faktory podstatně ovlivňují spotřebu zrnkové kávy. Simultánní ekonometrický model zkoumá vlivy jak na spotřebu zrnkové kávy, tak na spotřebu rozpustné kávy a na dovoz kávy. Výsledkem práce je zhodnocení závislosti spotřeby kávy na determinantech poptávky. Na základě odhadnutého modelu je na závěr odvozena prognóza všech závislých proměnných na příští tři roky, tedy pro období 2016 – 2018.

### Summary

The thesis titled Econometric analysis of demand for coffee in Czech Republic analyzes the impact of selected factors on coffee consumption in the selected period 1995 - 2015. The thesis is divided into two main parts. The first theoretical part describes consumer behavior, general character of econometric analysis, its goals and its partial methods. This part also discusses the characteristics of the analyzed commodity and it is coffee. Practical part deals with creating the linear regression model and the simultaneous econometric model. By the linear regression model is examined what factors significantly affect the consumption of coffee beans. Simultaneous model examines impact of the consumption of coffee beans, soluble coffee consumption and coffee import. Result of the work is to evaluate the consumption of coffee depending on the determinants of demand. Based on the estimated model is derived prediction of the dependent variables for the next three years, for the period 2016 – 2018.

**Klíčová slova:** ekonometrická analýza, ekonometrický model, spotřeba, cena, závislost

**Keywords:** econometric analysis, econometric model, consumption, price, dependence

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Cíl práce a metodika</b> .....	<b>7</b>
2.1. Cíl práce .....	7
2.2. Metodika.....	7
<b>3. Teoretická východiska</b> .....	<b>9</b>
3.1. Chování spotřebitele .....	9
3.2. Tržní poptávka .....	11
3.2.1. Důchodový a substituční efekt .....	12
3.2.2. Determinanty poptávky.....	12
3.3. Ekonometrická analýza .....	12
3.4. Konstrukce ekonometrického modelu.....	13
3.4.1. Formulace ekonomického modelu .....	14
3.4.2. Formulace ekonometrického modelu .....	14
3.4.3. Sběr, třídění a ověřování statistických dat .....	16
3.4.4. Odhad parametrů ekonometrického modelu .....	19
3.4.5. Ověřování modelu z ekonomického a statistického hlediska .....	19
3.4.6. Aplikace modelu v praxi .....	21
3.5. Lineární regresní model .....	21
3.5.1. Předpoklady lineárního regresního modelu .....	22
3.5.2. Běžná metoda nejmenších čtverců .....	24
3.6. Model simultánních rovnic (MSR) .....	24
3.6.1. Identifikace MSR.....	25
3.6.2. Konstrukce ekonometrického modelu simultánních rovnic.....	26
3.6.3. Dvoustupňová metoda nejmenších čtverců.....	28
3.6.4. Verifikace MSR.....	29
3.7. Prognostické a simulační modely .....	29
3.7.1. Prognostické modely .....	29
3.7.2. Simulační modely .....	30
3.8. Svět kávy od semínka k nápoji .....	30
3.8.1. První zmínky o kávě .....	30
3.8.2. Pěstování, zpracování a pražení kávy .....	31
3.9. Svět kávy v ekonomice .....	32
3.9.1. Světová produkce kávy.....	33
3.9.2. Maloobchodní cena kávy .....	34
3.9.3. Spotřeba kávy .....	35
<b>4. Vlastní práce</b> .....	<b>37</b>

4.1. Analýza trendu vybraných proměnných .....	37
4.1.1. Spotřeba zrnkové kávy.....	38
4.1.2. Spotřeba rozpustné kávy .....	39
4.1.3. Spotřebitelská cena zrnkové kávy .....	40
4.1.4. Spotřebitelská cena rozpustné kávy.....	41
4.1.5. Dovoz kávy .....	41
4.1.6. Průměrná hrubá měsíční mzda .....	42
4.1.7. Kurz USD.....	43
4.2. Lineárně regresní model .....	44
4.2.1. Formulace ekonomického modelu .....	44
4.2.2. Formulace ekonometrického modelu .....	45
4.2.3. Ověřování statistických dat .....	45
4.2.4. Odhad modelu - BMNČ.....	46
4.2.5. Ekonomická verifikace .....	48
4.2.6. Statistická verifikace.....	48
4.2.7. Ekonometrická verifikace .....	49
4.2.8. Aplikace jednorovnicového modelu .....	51
4.2.9. Prognózy z LRM .....	53
4.3. Simultánní model .....	54
4.3.1. Formulace ekonomického modelu .....	54
4.3.2. Formulace ekonometrického modelu: .....	56
4.3.3. Identifikace modelu .....	56
4.3.4. Odhad modelu DMNČ.....	57
4.3.5. Ekonomická verifikace .....	59
4.3.6. Statistická verifikace.....	60
4.3.7. Ekonometrická verifikace .....	62
4.4. Aplikace simultánního modelu .....	64
4.4.1. Prognózy z MSR.....	67
<b>5. Závěr .....</b>	<b>71</b>
<b>6. Zdroje.....</b>	<b>73</b>
6.1. Odborná literatura .....	73
6.2. Internetové zdroje .....	74
<b>7. Přílohy.....</b>	<b>75</b>



## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Popisné statistiky .....	46
Tabulka 2 - Korelační matice.....	47
Tabulka 3 - Odhadnuté parametry BMNČ .....	47
Tabulka 4 - P-hodnoty parametrů jednorovnicového modelu .....	49
Tabulka 5 - Výsledky testů ekonometrické verifikace .....	51
Tabulka 6 - Podkladové údaje pro výpočet pružností .....	51
Tabulka 7 - Prognózy predeterminovaných proměnných LRM .....	53
Tabulka 8 - Prognózy vysvětlované proměnné LRM .....	53
Tabulka 9 - Identifikace modelu .....	56
Tabulka 10 - Korelační matice pro simultánní model.....	57
Tabulka 11 - Upravená korelační matice pro simultánní model.....	58
Tabulka 12 - Odhadnuté parametry DMNČ .....	58
Tabulka 13 - Odhadnuté p-hodnoty 1. rovnice .....	61
Tabulka 14 - Odhadnuté p-hodnoty 2. rovnice .....	61
Tabulka 15 - Odhadnuté p-hodnoty 3. rovnice .....	62
Tabulka 16 - Normální rozdělení reziduí v simultánním modelu .....	64
Tabulka 17 - Výsledky testů ekonometrické verifikace pro MSR.....	64
Tabulka 18 - Výpočet pružností 1. rovnice .....	65
Tabulka 19 - Výpočet pružností 2. rovnice .....	65
Tabulka 20 - Výpočet pružností 3. rovnice .....	66
Tabulka 21 - Prognózy predeterminovaných proměnných MSR.....	68
Tabulka 22 - Prognózy vysvětlovaných proměnných MSR .....	69

## Seznam grafů

Graf 1 - Chování celkového a mezního užítku v kardinalistické teorii užítku .....	10
Graf 2 - Indiferenční křivky v ordinalistické teorii užítku .....	10
Graf 3 - Křivka poptávky, Engellova křivka .....	11
Graf 4 - Celková produkce kávy podle pěstitelských oblastí .....	33
Graf 5 - Světová produkce kávy podle zemí.....	34
Graf 6 - Maloobchodní cena kávy v USD/lb .....	35
Graf 7 - Spotřeba kávy v kg na obyvatele .....	35

Graf 8 - Spotřeba zrnkové kávy 1995 - 2015.....	38
Graf 9 - Spotřeba rozpustné kávy 1995 - 2015.....	39
Graf 10 - Spotřebitelská cena zrnkové kávy 1995 - 2015 .....	40
Graf 11 - Spotřebitelská cena rozpustné kávy 1995 - 2015.....	41
Graf 12 - Dovoz kávy 1995 - 2015 .....	42
Graf 13 - Průměrná hrubá měsíční mzda 1995 - 2015 .....	43
Graf 14 - Kurz USD 1995 - 2015.....	44
Graf 15 - Normalita .....	50
Graf 19 - Prognóza spotřeby zrnkové kávy z LRM .....	54
Graf 20 - Prognóza pro proměnnou $y_1$ .....	69
Graf 21 - Prognóza pro proměnnou $y_2$ .....	70
Graf 22 - Prognóza pro proměnnou $y_3$ .....	70

# 1. Úvod

První zmínky o kávě se dodnes zachovaly v podobě historek a legend. Nejznámější a zároveň nejstarší legenda o kávě pochází již z 9. století, kdy pastýř Kaldi objevil kávovníkový keř díky divokému chování jeho stáda koz, které se pásly v blízkosti záhadného keře s červenými bobulemi. Sám bobule ochutnal a byl očarován výjimečnými a povzbudivými účinky těchto bobulí. Účinky po vypití šálku kávy jsou tedy známy dlouhodobě. Káva se navíc stala fenoménem dnešní doby. Lidé kávu vyhledávají zejména kvůli její specifické chuti a aroma, ale také kvůli jejím pozitivním účinkům. Káva dodává tělu potřebnou energii a elán, pomáhá zdolávat únavu, a proto také káva dostala přezdívku „životabudič“.

Málokdo si v dnešní době uvědomuje, jak dlouhou cestu káva absolvuje až k finálnímu šálku kávy, který si spotřebitelé každý den vychutnávají. Proces pěstování kávy od semínka po zralý kávovník může trvat i několik let, samotné bobule zrají i více než 9 měsíců. Poté je zapotřebí úrodu sesbírat a následně zpracovat. Káva se dnes pěstuje ve více než 70 zemích světa, z kterých je dále káva převážena do celého světa.

Z ekonomického hlediska je známo, že světový trh s kávou se řadí mezi jeden z největších. Celosvětově se ročně vypije až 400 miliard šálků kávy. Například v Evropě pije kávu až 7 z 10 Evropanů. Spotřeba kávy nezádržitelně roste v závislosti na současném životním stylu spotřebitelů. Ročně se celosvětově vyprodukuje kolem 9 miliard kilogramů kávy, přičemž spotřeba kávy se pohybuje v podobných číslech. Proto se dnes ekonomové obávají, že poptávka po kávě přesáhne celosvětovou nabídku.

Z pohledu spotřebitele je dnes na trhu několik podob kávy, které si může v regálech obchodu vybrat. V České republice začínají spotřebitelé preferovat kávu rozpustnou před kávou zrnkovou, zejména z důvodu jednoduchosti přípravy. Navíc je pro Českou republiku také známo, že je jedním z největších spotřebitelů rozpustné kávy v Evropě.

## **2. Cíl práce a metodika**

### **2.1. Cíl práce**

Hlavním cílem této diplomové práce je zpracovat ekonometrickou analýzu determinant poptávky po kávě v České republice za účelem určení vlivu vybraných determinant na spotřebu kávy. Ekonometrická analýza bude zpracována s využitím jednorovnicového lineárního regresního modelu a modelu simultánních rovnic. Na základě provedené analýzy bude dále cílem určit vliv vybraných faktorů na spotřebu kávy a charakterizovat závislost spotřeby kávy na determinantech poptávky.

Dílčím cílem práce je trendová analýza vybraných determinant poptávky po kávě. V neposlední řadě bude z lineárního regresního modelu stejně jako z modelu simultánních rovnic odvozena prognóza pro příští tři roky, tedy pro období 2016 - 2018.

### **2.2. Metodika**

Teoretická část práce je založena na metodě studia dokumentů a důkladného prostudování odborné literatury a to zejména z oblasti mikroekonomie, ekonometrie, statistiky a kávy jako spotřební komodity. Dále se teoretická část práce zabývá komplexním popisem poptávky, spotřebitelského chování na trhu výrobků a služeb, fungování ekonometrického modelu a v neposlední řadě charakteristikou kávy a jejím působením v ekonomice.

Empirická část se nejdříve zabývá trendovou analýzou vybraných determinant poptávky po kávě v období 1995 – 2015. Poté je provedena ekonometrická analýza, které hlavním nástrojem je ekonometrický model. Ekonometrický model představuje určitou transformaci ekonomické hypotézy na ekonomicko-matematický model. V práci jsou sestaveny dva ekonometrické modely, jedná se o jednorovnicový lineárně regresní model a model simultánních rovnic. V první fázi analýzy je sestaven ekonomický model odpovídající příslušné ekonomické teorii, a ten je dále proveden na model ekonometrický. Následuje sběr, třídění a analyzování podkladových dat a poté je sestavený model odhadován. Parametry jednorovnicového lineárního regresního modelu jsou odhadovány pomocí běžné metody nejmenších čtverců a model simultánních rovnic je odhadován s využitím

dvoustupňové metody nejmenších čtverců. V dalším kroku je provedena ekonomická, statistická a ekonometrická verifikace modelu. Poslední částí ekonometrické analýzy je aplikace daného modelu, tedy jeho praktické využití pro účely analýzy, případně pro prognostické účely. Podstata ekonometrické analýzy je blíže popsána v teoretické části práce.

Na závěr praktické části je odvozena prognóza spotřeby kávy pro příští tři roky. K provedení ekonometrické analýzy byl využitý software Gretl a software Statistica. Podkladová data pro zpracování ekonometrické analýzy determinant poptávky po kávě v letech 1995 – 2015 jsou získány z veřejné databáze Českého statistického úřadu (ČSÚ) a z mezinárodní kávové organizace (International Coffee Organisation – ICO). Veškeré tabulky a grafy jsou vykresleny za pomoci MS Excel.

## 3. Teoretická východiska

### 3.1. Chování spotřebitele

Podle Macákové (2003) je základem odvození poptávky analýza chování spotřebitele na trhu výrobků a služeb. Při analýze chování spotřebitele je potřeba si uvědomit, s jakým cílem přichází na trh. Cílem spotřebitele je nakoupit statky k uspokojení svých potřeb, přičemž je ale ovlivňován výší svého příjmu.

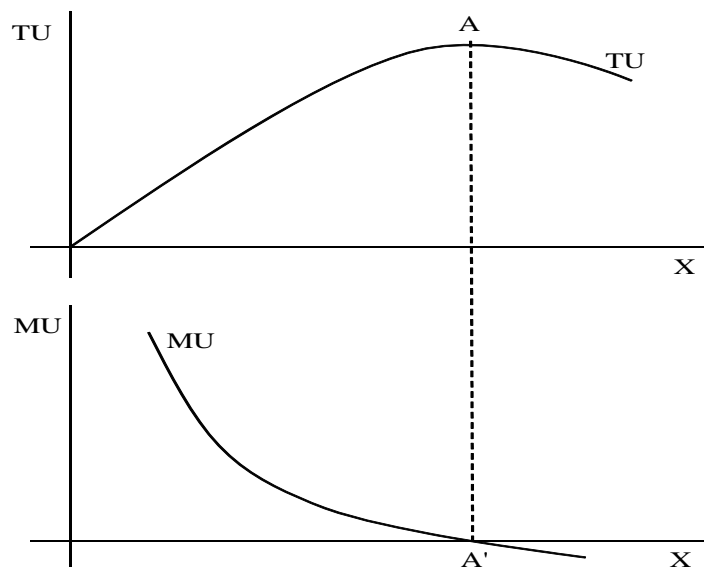
Na trhu výrobků a služeb vystupují domácnosti jako spotřebitelé a tím vytvářejí poptávající stranu. Nákupem a spotřebou jistého statku se dosahuje uspokojení či potěšení, které se v ekonomii nazývá pojmem užitek. Užitek vyjadřuje subjektivní pocit uspokojení ze spotřebovaného výrobku nebo služby. (Brčák, 2010)

Uspokojení spotřebitele z celého množství statku se v ekonomii nazývá celkový užitek. Přírůstek uspokojení z každé další, dodatečné jednotky statku se nazývá mezní užitek. (Holman, 2005)

Cílem spotřebitele je maximalizace užitku. Podle přístupu k měřitelnosti užitku se v ekonomické teorii rozlišují dvě teorie užitku – ordinalistická a kardinalistická.

- ✓ **Kardinalistická teorie užitku** říká, že užitek je přímo měřitelný a tedy jsou známé hodnoty celkového a mezního užitku. Celkový užitek (TU), podle grafu níže, roste s každým dalším statkem až do bodu A, tento bod se nazývá bod nasycení. Mezní užitek (MU) naopak s každým dalším spotřebovávaným statkem klesá až do bodu A', kde je mezní užitek nulový.

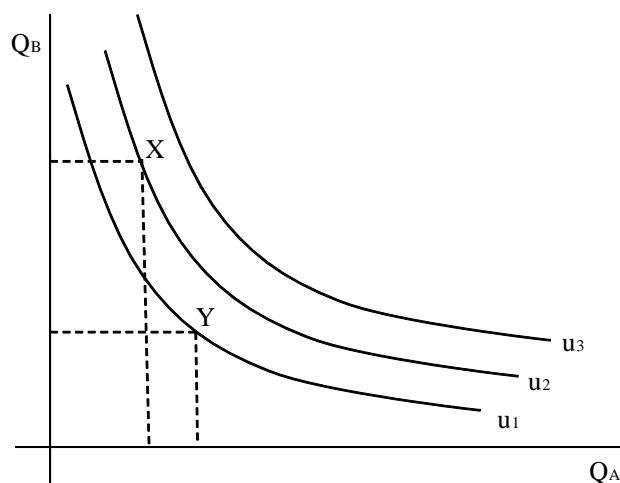
**Graf 1 - Chování celkového a mezního užítku v kardinalistické teorii užítku**



Zdroj: Soukupová, 2010 – vlastní zpracování

- ✓ **Ordinalistická teorie užítku** říká, že užitek není přímo měřitelný, spotřebitel je pouze schopen určit, který ze statků preferuje. Spotřebitel je tak schopen seřadit kombinace statků podle jejich užítku ale není schopen určit velikost užítku těchto kombinací. K znázornění kombinací statků se stejným užítkem slouží indifferenční křivky. (Soukupová, 2010)

**Graf 2 - Indifferenční křivky v ordinalistické teorii užítku**



Zdroj: Brčák, 2010 – vlastní zpracování

Čím je indifferenční křivka vzdálenější od počátku, tím vyšší celkový užitek ( $u$ ) přinášejí kombinace na ní ležící. Na grafu výše jsou zobrazeny kombinace množství statku X a Y. Bod X představuje pro spotřebitele větší celkový užitek než bod Y. (Brčák, 2010)

### 3.2. Tržní poptávka

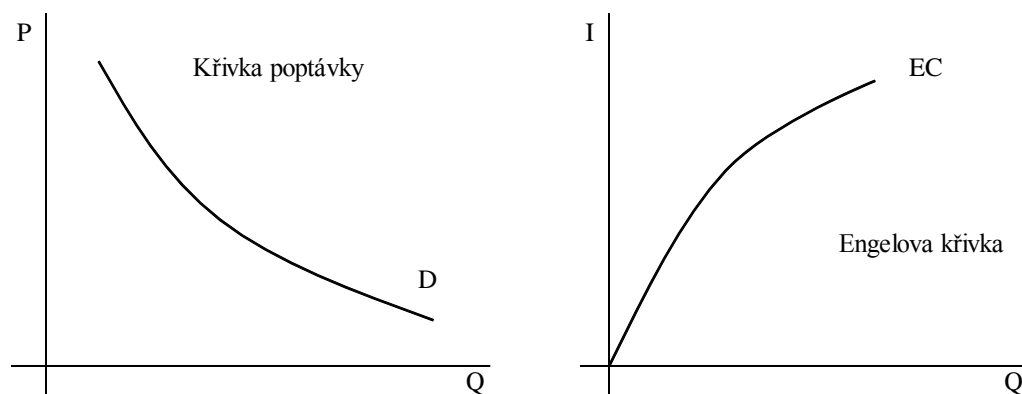
Varian (1992) říká, že různé preference spotřebitelů vedou k zvláštním formám chování poptávky a proto je potřebné je pochopit.

Podle Holmana (2002) je poptávka funkce, která vyjadřuje závislost poptávaného množství statku na ceně daného statku, na cenách substitutů či komplementech statků, na důchodu spotřebitele a na dalších proměnných. Funkce poptávky lze zapsat vztahem:

$$Q = f(P, I, P_a \dots P_z) \quad (1)$$

Poptávané množství statku  $Q$  závisí na jeho ceně  $P$ , na důchodu spotřebitele  $I$  a na cenách jiných statků  $P_a \dots P_z$ . Poptávkovou křivku lze vyjádřit buď klasickou křivkou poptávky anebo jako Engelovou křivku. Křivka poptávky ( $D$ ) vyjadřuje závislost poptávaného množství statku na jeho ceně. Engelova křivka ( $EC$ ) vyjadřuje závislost poptávaného množství statku na důchodu spotřebitele. (Holman, 2002)

**Graf 3 - Křivka poptávky, Engelova křivka**



Zdroj: Holman, 2002 – vlastní zpracování



### 3.2.1. Důchodový a substituční efekt

#### Důchodový efekt

Důchodový efekt nastává v případě, kdy nárůst ceny určitého statku vede k poklesu reálného důchodu spotřebitele. Jedná se tedy o změnu poptávaného množství statku vyvolanou změnou reálného důchodu spotřebitele v důsledku cenové změny, i když se nominální důchod nemění. (Macáková, 2003)

#### Substituční efekt

Substituční efekt nastává v případě, kdy nárůst ceny určitého statku vede k růstu relativní ceny tohoto statku vůči ostatním statkům. Jde tedy o změnu spotřebitelského chování a spotřebitel tedy omezí nákup tohoto statku ve prospěch ostatních, substitučních statků, které jsou relativně levnější. (Macáková, 2003)

### 3.2.2. Determinanty poptávky

Determinanty poptávky zahrnují veškeré faktory, které ovlivňují poptávku. Mezi základní determinanty poptávky patří podle Brčáka (2010) zejména:

- ✓ změny nominálního důchodu
- ✓ změny tržních cen daného statku
- ✓ změny tržních cen substitučních statků
- ✓ změny tržních cen komplementárních statků
- ✓ demografické změny
- ✓ preference spotřebitelů a jiné

### 3.3. Ekonometrická analýza

Americký ekonom William H. Green vysvětluje pojem ekonometrie jako: „*Ekonometrie není v žádném případě stejná jako ekonomická statistika, také není totožná s obecnou ekonomickou teorií, a také není brána jako synonymum s aplikací matematiky k ekonomice. Zkušenost ukázala, že každé z těchto tří hledisek, tedy statistika, ekonomická teorie a matematika, je nutné, ale nepostačující samo o sobě. Jedná se o sjednocení všech tří, která jsou mocná. A to je to sjednocení, které tvoří ekonometrii.*“ (Green, 2003, str.1)

Gujarati (2002) říká, že ekonometrie doslova znamená „měření ekonomie“, jakožto měření je důležitou součástí ekonometrie.

Další uznávaný americký profesor ekonomie P. A. Samuelson říká, že ekonometrie může být definována jako kvantitativní analýza skutečného ekonomického jevu, založena na souběžném rozvoji teorie a pozorování. (Baltagi, 2008)

Ekonometrie se využívá v mnoha oblastech ekonomiky, zabývá se zejména makroekonomickými problémy, mezinárodním obchodem, veřejnými financemi, regionální a rozvojovou ekonomikou. Dále lze ekonometrii využít také ve společenských vědách, sociologii, historii, právních vědách a jiných. (Tvrdoň, 2015)

Ekonometrická analýza vychází podle Hušeka (2007) z kombinace ekonomických teorií, matematiky a statistiky s cílem měřit, ověřovat či testovat především ekonomické, případně společenské jevy. Úkolem ekonometrie je dát ekonomické teorii empirický obsah<sup>1</sup>. Předmět ekonometrie zahrnuje:

- ✓ Matematicko-statistickou formulaci ekonomické teorie (ekonometrické modelování)
- ✓ Ekonometrickou teorii založenou na modifikaci odhadových a testovacích metod i výpočetních technik (ekonometrické metody)
- ✓ Aplikaci ekonometrických modelů v ekonomické teorii (aplikovaná ekonometrie)

### **3.4. Konstrukce ekonometrického modelu**

Ekonometrické modely mohou obsahovat jednu nebo více rovnic, záleží na cíli zkoumání. Na základě toho rozlišujeme modely jednorovnicové a simultánní. Tvorbu ekonometrického modelu lze rozdělit do šesti kroků:

1. Formulace ekonomického modelu
2. Formulace ekonometrického modelu
3. Sběr, třídění a ověřování statistických dat

---

<sup>1</sup> Empirický obsah – obsah založený na zkušenostech

4. Odhad parametrů ekonometrického modelu
5. Ověřování modelu z ekonomického a statistického hlediska
6. Aplikace modelu v praxi

### 3.4.1. Formulace ekonomického modelu

Prvním krokem je formulace ekonomického modelu. Nejdříve je ekonomický model popsán slovně, následně, je-li to možné, je model převeden na matematickou podobu. Při formulaci ekonomického modelu je zapotřebí:

- ✓ vymežit předmět zkoumání (v modelu zachycen v podobě vysvětlované proměnné)
- ✓ vybrat příslušné proměnné (vysvětlující proměnné)
- ✓ určit funkční formu (Tvrdoň, 2015)

Ekonomický model lze matematicky zapsat následovně:

$$y = f(x_1, x_2, x_3) + u \quad (2)$$

y ..... vysvětlovaná proměnná (endogenní proměnná)

u ..... náhodná proměnná

$x_{1,2,3}$  ..... vysvětlující proměnné (exogenní proměnné)

Ekonomický model musí navíc splňovat specifikační předpoklady, a to zahrnutí podstatných proměnných do modelu, nezahrnutí nepodstatných proměnných, volby správné funkční formy a předpoklad neexistence simultánního vztahu mezi endogenní a exogenní proměnnou, anebo mezi exogenními proměnnými. Definovaný ekonomický model slouží ke konfrontaci ekonomické teorie s realitou. (Čechura, 2014)

### 3.4.2. Formulace ekonometrického modelu

Ekonometrický model se od ekonomického modelu zásadně liší:

- ✓ obsahuje navíc stochastickou proměnnou
- ✓ obsahuje parametry
- ✓ je specifikován konkrétní funkční formou

Ekonometrický model lze matematicky zapsat podle vztahu:

$$y_t = \gamma_1 x_{1t} + \gamma_2 x_{2t} + \gamma_3 x_{3t} + u_t \quad (3)$$

$\beta$ .....	parametr vysvětlované endogenní proměnné
$\gamma$ .....	parametr vysvětlující exogenní proměnné
$u_t$ .....	náhodná proměnná (stochastická proměnná)
$y_t$ .....	vysvětlovaná (endogenní) proměnná v čase t
$x_{1t-3t}$ .....	vysvětlující (exogenní) proměnné v čase t

Formulace ekonometrického modelu spočívá především v následujících krocích:

- ✓ Určení a klasifikace všech proměnných zahrnutých do modelu
- ✓ Předpoklad znamének a očekávaných hodnot odhadnutých parametrů
- ✓ Volba matematického tvaru modelu

### **Určení a klasifikace všech proměnných zahrnutých do modelu**

Do modelu lze zahrnout endogenní a exogenní proměnné. Endogenní proměnné jsou modelem vysvětlovány, proto se také nazývají vysvětlované proměnné. V modelu jsou označovány písmenem „y“. Exogenní proměnné vysvětlují endogenní proměnné, z toho důvodu se nazývají také vysvětlující. V modelu jsou označovány písmenem „x“. Exogenní a endogenní proměnné se z hlediska času dále dělí na proměnné běžného období (například  $x_t$ ) a zpožděné (například  $x_{t-1}$ ). Zahrnutím zpožděné proměnné do modelu lze tedy model dynamizovat. Souhrn exogenních proměnných zpožděných i běžného období a zpožděných endogenních proměnných je nazván jako predeterminované proměnné. (Čechura, 2014)

Dále lze do modelu zahrnout náhodnou složku, která reprezentuje náhodné chyby, které vznikají například vynecháním některé důležité vysvětlující proměnné, nepřesnou specifikací analytického či matematického tvaru modelu apod. Náhodná složka je v modelu označována písmenem „u“. (Hušek, 2007)

### **Dynamizace modelu**

Pokud by byly v modelu zahrnuté pouze proměnné, které se v čase nemění, jednalo by se o statický model (model jednoho okamžiku). Jelikož většina ekonomických veličin se

s časem vyvíjí, je zapotřebí do modelu zahrnout faktor času, čímž se model stává dynamickým.

Model lze dle Čechury (2007) dynamizovat následujícími způsoby:

- ✓ zahrnutím zpožděných proměnných
- ✓ vyjádřením proměnných v postupných diferencích nebo relativně
- ✓ zahrnutím časového vektoru jako další proměnné
- ✓ zahrnutím tzv. dummy proměnné<sup>2</sup>

### **Předpoklad znamének a očekávaných hodnot odhadnutých parametrů**

Znaménka parametrů se určují zejména na základě ekonomické teorie. Obdobně lze pak určit, v jakém intervalu se budou pohybovat očekávané hodnoty odhadovaných parametrů. (Hušek, 2007)

### **Volba matematického tvaru modelu**

Matematický tvar ekonometrického modelu může mít tři podoby:

- ✓ **Jednorovnicový model**, který zobrazuje pouze jednu vysvětlovanou proměnnou v závislosti na jedné nebo více vysvětlujících proměnných a náhodnou složku
- ✓ **Víceroovnicový model**, který obsahuje dvě nebo více vysvětlovaných proměnných, přičemž každou rovnici lze zkoumat jako jednorovnicový model
- ✓ **Simultánní model**, který je tvořen soustavou rovnic, kde nezpožděné vysvětlované endogenní proměnné vystupují v modelu jak ve funkci vysvětlovaných proměnných, tak i ve funkci vysvětlujících proměnných (Hušek, 2007)

### **3.4.3. Sběr, třídění a ověřování statistických dat**

Pro kvalitní ekonometrickou analýzu je potřebné shromáždit reprezentativní statistická data. V této fázi dále dochází k třídění, agregování a ověřování dat, zda tato data mají požadované vlastnosti pro odhad parametrů modelu. Pokud data nespĺňují statistické

---

<sup>2</sup> Dummy proměnné – tzv. umělé proměnné, které nabývají pouze hodnot 0 (pokud jev nenastává) a 1 (pokud jev nastává)

požadavky, je zapotřebí, aby došlo k přeformulování rovnic a jejich proměnných, anebo se pak různými postupy upravují původní proměnné. (Tvrdoň, 2015)

Výsledkem sběru dat je velké množství údajů, které je potřeba utřídit a shrnout. Jedná se o tabelování, výpočet různých statistických charakteristik, grafické znázorňování výsledných údajů a jiné. Před zahájením statistického zpracování dat je potřeba provést kontrolu získaných dat. Jde o posouzení, zda data odpovídají svou výší možným mezím, v nichž se mohou pohybovat. Dále se hledají chyby, které jsou buď úmyslné, kdy dochází k záměrnému zkreslení dat, anebo neúmyslné, které vznikají při přepisování dat či nedbalostí. (Hošková, 2014)

Mezi základní statistické charakteristiky patří:

- ✓ Charakteristiky polohy (úrovně)
- ✓ Charakteristiky variability
- ✓ Charakteristiky šikmosti
- ✓ Charakteristiky špičatosti

### **Charakteristiky polohy**

Charakteristiky polohy poskytují základní informace o rozdělení souboru. Míra polohy vyjadřuje takovou hodnotu znaku, kolem které se soustřeďují všechny ostatní hodnoty souboru. Charakteristiky polohy se dělí do následujících skupin:

1. **Kvantily** jsou hodnoty, které dělí uspořádaný statistický soubor na určitý počet stejně obsazených částí. Nejčastěji se používají tyto kvantily:
  - a. **medián**  $\tilde{x}_{50}$  je kvantil, který rozděluje statistický soubor na dvě stejně četné poloviny
  - b. **kvartily**  $\tilde{x}_{25}$  (dolní kvartil),  $\tilde{x}_{50}$  (medián),  $\tilde{x}_{75}$  (horní kvartil) rozděluje uspořádané hodnoty v souboru na čtvrtiny, přičemž dolní kvartil odděluje 25 % nejmenších hodnot, a horní kvartil 25 % největších hodnot
  - c. **decily** rozděluje statistický soubor na desetiny
  - d. **percentily** rozděluje statistický soubor na setiny
2. **Průměry** jsou nejčastěji používanými středními hodnotami a jsou obzvlášť citlivé na chybné hodnoty souboru, které se výrazně číselně liší, kdy taková hodnota může

statistický soubor výrazně zkreslit. Mezi nejpoužívanější průměry patří průměr aritmetický, harmonický a geometrický

3. **Ostatní střední hodnoty** poskytují doplňující informace a patří mezi ně kvantilový medián a modus (Hošková, 2013)

### Charakteristiky variability

Charakteristiky variability (proměnlivosti, rozptýlení) popisují podle Hoškové (2013) proměnlivost sledovaného znaku. Platí, že malá variabilita znaku vypovídá o vyrovnanosti jednotek souboru, naopak velká variabilita informuje o nevyrovnanosti jednotek. Mezi nejpoužívanější charakteristiky variability patří:

1. **Variační rozpětí  $R$**  je rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou sledovaného znaku

$$R = x_{max} - x_{min} \quad (4)$$

2. **Rozptyl  $s_0^2$**  je aritmetický průměr čtverců odchylek jednotlivých hodnot znaku od aritmetického průměru. Měří variabilitu hodnot kolem aritmetického průměru a variabilitu vzájemných odchylek jednotlivých hodnot znaku

$$s_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (5)$$

3. **Směrodatná odchylka  $s_0$**  je druhá odmocnina rozptylu

$$s_0 = \sqrt{s_0^2} \quad (6)$$

### Charakteristiky šikmosti a špičatosti

Slouží k hodnocení normálního rozdělení dat, tedy jak se rozdělení dat podobá normální křivce – Gaussově křivce.

1. **Koeficient šikmosti  $\alpha$**  je definován vztahem:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \times s_0^3} \quad (7)$$

$x_i$  ..... hodnoty proměnné X

$\bar{x}$  ..... aritmetický průměr

$s_0$  ..... směrodatná odchylka

Bude-li  $\alpha = 0$ , jedná se o souměrné rozdělení četností, bude-li  $\alpha > 0$ , jedná se o kladné zešikmení rozdělení a bude-li  $\alpha < 0$ , jde o záporné zešikmení rozdělení. (Hošková, 2013)

2. **Koeficient špičatosti  $\beta$**  je definován vztahem:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n \times s_0^4} - 3 \quad (8)$$

Je-li  $\beta < 0$ , jde o zápornou špičatost, je-li  $\beta = 0$ , jedná se o normální rozdělení a je-li  $\beta > 0$ , jedná se o kladnou špičatost. (Hošková, 2013)

### 3.4.4. Odhad parametrů ekonometrického modelu

K odhadu parametrů ekonometrického modelu existuje několik metod. Mezi nejpoužívanější metody patří běžná metoda nejmenších čtverců (BMNČ) a dvoustupňová metoda nejmenších čtverců (DMNČ).

### 3.4.5. Ověřování modelu z ekonomického a statistického hlediska

*„Odhadnutý ekonometrický model musíme před jeho aplikací na teoretické i praktické ekonomické problémy nejprve verifikovat, tj. ověřit a vyhodnotit, zda jsou všechny získané odhady parametrů především v souladu s apriorními omezeními výchozí ekonomické hypotézy.“* (Hušek, 2007, str. 20)

Model lze verifikovat z ekonomického, statistického a ekonometrického hlediska.

**Ekonomická verifikace** posuzuje zejména směr a intenzitu působení vysvětlujících exogenních proměnných na vysvětlovanou endogenní proměnnou. Spočívá tedy v ověření správnosti znamének a velikosti vypočtených hodnot odhadnutých parametrů.

**Statistická verifikace** posuzuje statistickou významnost odhadnutých parametrů i celého ekonometrického modelu. V rámci statistické verifikace se hodnotí:



- ✓ **Shoda odhadnutého modelu s daty**, která se v případě lineárního modelu hodnotí za pomoci koeficientu vícenásobné determinace  $R^2$ . Koeficient vícenásobné determinace je dán vztahem:

$$R^2 = 1 - \frac{s_u^2}{s_y^2} \quad (9)$$

Přičemž  $s_y^2$  je rozptyl vysvětlované proměnné a je dán vztahem:

$$s_y^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}{n} \quad (10)$$

$s_u^2$  je rozptyl reziduální a je dán vztahem:

$$s_u^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} \quad (11)$$

$y_t$  ..... skutečné hodnoty vysvětlované proměnné

$\hat{y}_t$  ..... teoretické hodnoty vysvětlované proměnné

$\bar{y}$  ..... průměr skutečných hodnot vysvětlované proměnné

$n$  ..... délka časové řady

Koeficient vícenásobné determinace vyjadřuje, z kolika % jsou změny vysvětlované proměnné vysvětleny vysvětlujícími proměnnými.

- ✓ **Statistická významnost odhadnutých parametrů** se hodnotí t-testem a postup lze shrnout do následovných kroků:

- Výpočet matice:

$$(\mathbf{X}^T - \mathbf{X})^{-1} \quad (12)$$

- Výpočet korigovaného reziduálního rozptylu:

$$\overline{s_u^2} = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n - p} \quad (13)$$

- Výpočet rozptylu odhadnutých parametrů:

$$\mathbf{S}_{ii} = \overline{s_u^2} (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} = \begin{pmatrix} \mathbf{S}_{11} & \cdots & \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ & \cdots & \mathbf{S}_{ii} \end{pmatrix} \quad (14)$$

- Výpočet standardní chyby odhadnutých parametrů:

$$S_{bi} = \sqrt{S_{ii}} \quad (15)$$

- Výpočet testovacího kritéria:

$$t - \text{hodnota} = \frac{|\gamma_{it}|}{S_{bi}} \quad (16)$$

- Porovnání vypočtené  $t$  – hodnoty s tabulkovou hodnotou na zvolené hladině významnosti. Bude-li  $t > t_\alpha$ , zamítá se nulová hypotéza o statistické nevýznamnosti parametrů, tedy vysvětlující proměnná je významnou proměnnou. Bude-li  $t < t_\alpha$ , vysvětlující proměnná bude v tomto případě statisticky nevýznamnou proměnnou. (Čechura, 2014)

### 3.4.6. Aplikace modelu v praxi

Poslední fází ekonometrické analýzy je aplikace modelu, případně jeho zamítnutí. V případě zamítnutí je nutné se vrátit na začátek k prvnímu kroku ekonometrické analýzy. V případě, že vytvořený ekonometrický model je kvalitní, lze ho dále využít v následujících oblastech:

- ✓ prognózy
- ✓ strukturální analýzy
- ✓ simulace

Při aplikaci modelu se v praxi nejčastěji využívají koeficienty pružnosti (elasticity). Elasticita je relativní (procentuální) vyjádření působení vysvětlující proměnné na vysvětlovanou proměnnou. (Čechura, 2014)

Základní vztah pro odvození koeficientu pružnosti je následující:

$$E = \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{x_i}{\bar{y}} \quad (17)$$

## 3.5. Lineární regresní model

Lineární regresní model (LRM) je v ekonometrické analýze nejvíce používaný model. „Lineární regresní model se používá ke studiu vztahu mezi závislou proměnnou a jednou nebo více nezávislých proměnných.“ (Greene, 2003, str. 7)

### 3.5.1. Předpoklady lineárního regresního modelu

Lineární regresní model musí splňovat jisté předpoklady, aby byly dosaženy požadované vlastnosti odhadnutých parametrů. Je nutno tedy dosáhnout modelu, který je nejlepší, nestranný a konzistentní. Mezi podstatné předpoklady podle Čechury (2014) patří:

1. Specifikační předpoklady
  - a. Nevynechání podstatné vysvětlující proměnné
  - b. Vypuštění nevýznamných vysvětlujících proměnných
  - c. Volba správné funkční formy modelu
  - d. Stabilní odhadnuté parametry, časová neměnnost
  - e. Neexistence simultánních vztahů mezi proměnnými
2. Předpoklady náhodné složky
  - a. Náhodná složka  $u_t$  by měla mít nulový průměr (blížící se nule)
  - b. Homoskedasticita modelu (stejnorozptylovost), vyvrácení heteroskedasticity
  - c. Nepřítomnost autokorelace reziduí
  - d. Neexistence perfektní multikolinearity
  - e. Náhodná složka má normální rozdělení

#### **Heteroskedasticita**

Heteroskedasticita je nežádoucí jev a jedná se o nekonstantnost rozptylu náhodných chyb, a tedy i reziduí. K heteroskedasticitě dochází, když nastávají velké změny v hodnotách vysvětlujících proměnných, především ale v případě, že byla vynechána podstatná proměnná modelu. K testování výskytu heteroskedasticity v modelu se používá Goldfeld-Quandtův test (GQ test), Breusch-Paganův test nebo Whiteův test. Heteroskedasticitu lze odstranit transformací modelu. (Marček, 2008)

#### **Autokorelace reziduí**

Autokorelace je sériová závislost náhodných chyb, případně reziduí, to znamená, že v modelu se nesmí vyskytovat závislost reziduí v jedné časové řadě. Příčinou vzniku autokorelace může být vynechání podstatné proměnné v modelu, nedostatečně specifikovaná dynamika modelu, špatně definovaný analytický tvar modelu a jiné. Pro testování autokorelace se nejvíce používá Durbin-Watsonův test (DW test). Autokorelaci

lze zmírnit, případně odstranit změnou specifikace modelu, anebo změnou analytického tvaru modelu. (Marček, 2008)

### **Multikolinearita**

Multikolinearita je nežádoucí jev a vyjadřuje závislost jedné nebo více nezávislých proměnných na jiných nezávislých proměnných. Perfektní multikolinearita nastává v případě, když koeficient vícenásobné korelace je roven 1. Jestli je v modelu přítomná perfektní multikolinearita, není možné takový model odhadnout. Určitá míra multikolinearity je v modelu přítomná vždy. Vysokou multikolinearitu lze v modelu identifikovat za pomoci korelační matice.

Korelační matice je čtvercová matice, tedy je symetrická podle hlavní diagonály. Obsahuje párové koeficienty jednotlivých vysvětlujících proměnných, je dána vztahem:

$$\mathbf{X}'^T \mathbf{X}' \quad (18)$$

kde  $\mathbf{X}'$  je matice normalizovaných vektorů, které lze vyčíslit podle:

$$x'_{it} = \frac{x_{it} - \bar{x}_i}{\sqrt{n}\sigma_{x_i}} \quad (19)$$

$\bar{x}_i$  ..... průměr vysvětlující proměnné

$x_{it}$  ..... hodnota i-té vysvětlující proměnné v čase t

$\sigma_{x_i}$  ..... směrodatná odchylka

n ..... počet pozorování

Vysoká multikolinearita je v modelu přítomná, pokud některý z vyčíslených párových korelačních koeficientů dosahuje hodnot 0,8 a vyšších. Multikolinearitu je možné snížit například použitím tzv. dummy proměnných, vhodnou transformací podkladových údajů anebo vypuštěním proměnné, která vysokou multikolinearitu způsobuje. (Čechura, 2014)

### **Normalita**

Jedním z předpokladů lineárního regresního modelu je normalita reziduí. Náhodná složka by měla mít normální rozdělení s nulovou střední hodnotou. Pro testování normality reziduí se nejčastěji používá Jarque-Berův test. (Výrost, 2013)

### 3.5.2. Běžná metoda nejmenších čtverců

Jsou-li splněny všechny výše uvedené předpoklady, lze přejít k samotnému odhadování parametrů v lineárním regresním modelu metodou nejmenších čtverců (BMNČ). Její předností oproti jiným používaným metodám je, že poskytuje odhady i pro malé výběry pozorování a pro její jednoduchost. (Hušek, 2007)

*„Podstatou BMNČ je nalezení parametrů, které minimalizují součet čtverců odchylek teoretických hodnot vysvětlované proměnné od jejich skutečných hodnot. Jinými slovy, odhadnuté parametry LRM jsou nejlepší, nestranné a konzistentní.“* (Čechura, 2014, str. 19)

$$\min \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2 \quad (20)$$

Odhadová funkce minimalizující součet čtverců reziduí je ve tvaru:

$$\gamma = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (21)$$

$\gamma$  ..... vektor o rozměrech ( $k \times 1$ ) odhadovaných parametrů

$X$  .... matice o rozměrech ( $n \times k$ ) napozorovaných hodnot vysvětlujících proměnných

$y$  ..... vektor o rozměrech ( $n \times 1$ ) napozorovaných hodnot vysvětlované proměnné

Maticový zápis LRM je následovný:

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_{21} & \dots & x_{k1} \\ 1 & x_{22} & \dots & x_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{2T} & \dots & x_{kT} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \vdots \\ \gamma_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_T \end{pmatrix} \quad (22)$$
$$Y = X\gamma + u$$

### 3.6. Model simultánních rovnic (MSR)

V ekonomické praxi obvykle nelze vysvětlit chování makroekonomických a mikroekonomických veličin v tržní ekonomice pouze za pomoci jedné rovnice. Z tohoto důvodu se využívá soustava vzájemně závislých vztahů.

*„Projevuje se to tím způsobem, že endogenní proměnné a jejich pozorování nejsou určeny jenom predeterminovanými proměnnými, ale i ostatními endogenními proměnnými, takže v modelu mají některé vysvětlující proměnné stochastický charakter. Je-li několik endogenních proměnných, které vystupují jak v roli vysvětlovaných, tak i vysvětlujících proměnných, současně determinováno soustavou lineárních či nelineárních vztahů, jde o model simultánních rovnic (MSR)“.* (Hušek, 2007, str. 200)

V případě, že se jedná o MSR, tak alespoň jedna rovnice modelu obsahuje víc než jednu endogenní proměnnou. Platí navíc zásada, že celkový počet endogenních proměnných modelu je roven počtu lineárně nezávislých simultánních (oboustranných) rovnic. Pro odhad modelu simultánních rovnic nelze použít běžnou metodu nejmenších čtverců, protože zde vystupují v roli vysvětlujících proměnných i stochastické endogenní proměnné, a tím není splněna podmínka nezávislosti všech vysvětlujících proměnných na náhodné složce rovnice. (Hušek, 2007)

### **3.6.1. Identifikace MSR**

Nakolik jsou simultánní modely vícerovnicového charakteru, je zapotřebí tuto soustavu rovnic identifikovat. Identifikace se provádí pro každou rovnici zvlášť. Jestli jsou všechny rovnice v modelu identifikované, znamená to, že model je řešitelný. Podmínka identifikace je dána:

$$k^{**} \geq g^* - 1 \quad (23)$$

g ..... celkový počet endogenních proměnných v modelu

k ..... celkový počet predeterminovaných proměnných v modelu

\* ..... vyjadřuje, že proměnná je zahrnuta v identifikované rovnici

\*\* ..... vyjadřuje, že proměnná není zahrnutá v identifikované rovnici, ale je obsažena v jiných rovnicích modelu

Pokud nastává ostrá nerovnost, znamená to, že rovnice je neidentifikovaná, nastává-li rovnost, je rovnice přesně identifikovaná a neplatí-li rovnost, je rovnice podidentifikovaná. (Čechura, 2014)

### 3.6.2. Konstrukce ekonometrického modelu simultánních rovnic

Ekonomicky lze vícerovnicový model zapsat následovně:

$$\begin{aligned}y_1 &= fce(x_1, x_2, y_2) \\y_2 &= fce(x_2, x_3, y_1) \\y_3 &= fce(x_3, x_4, y_2)\end{aligned}\tag{24}$$

Ekonometrický zápis bude pro daný ekonomický model vypadat:

$$\begin{aligned}y_{1t} &= \gamma_{11}x_{1t} + \gamma_{12}x_{2t} + \beta_{12}y_{2t} + u_{1t} \\y_{2t} &= \gamma_{22}x_{2t} + \gamma_{23}x_{3t} + \beta_{21}y_{1t} + u_{2t} \\y_{3t} &= \gamma_{33}x_{3t} + \gamma_{34}x_{4t} + \beta_{32}y_{2t} + u_{3t}\end{aligned}\tag{25}$$

#### Maticový zápis MSR

Maticový zápis modelu se využívá z důvodu rozsáhlosti modelu a to z hlediska počtu zahrnutých proměnných a z hlediska počtu rovnic v modelu. Maticový zápis tedy zjednodušuje zápis celkového modelu.

Vztahy mezi proměnnými lze v modelu popsat s využitím matice Beta  $\mathbf{B}$  a matice Gamma  $\mathbf{\Gamma}$ . Matice Beta je zásadně čtvercová o rozměru  $[g \times g]$ , její rozměr odpovídá počtu rovnic a zahrnuje parametry endogenních proměnných. Matice Gamma o rozměru  $[g \times k]$  zase zahrnuje parametry predeterminovaných proměnných modelu.

Pro výše daný ekonometrický model, by matice Beta měla následující zápis:

$$\begin{bmatrix} 1 & -\beta_{12} & 0 \\ -\beta_{21} & 1 & 0 \\ 0 & -\beta_{32} & 1 \end{bmatrix}\tag{26}$$

Matice Beta na hlavní diagonále obsahuje vždy jedničky, jelikož parametry  $\beta_{11}$ ,  $\beta_{22}$  a  $\beta_{33}$  jsou rovné jedné. Parametry vysvětlujících proměnných mají zápornou hodnotu, jelikož daný maticový zápis zachycuje model, kdy všechny endogenní a predeterminované proměnné jsou převedeny na levou stranu. Obdobný princip zápisu platí i pro matici Gamma. (Čechura, 2014)

Matice Gamma bude mít následující zápis:

$$\begin{bmatrix} -\gamma_{11} & -\gamma_{12} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & -\gamma_{22} & -\gamma_{23} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & -\gamma_{33} & -\gamma_{34} \end{bmatrix} \quad (27)$$

Model simultánních rovnic lze navíc zapsat dvojím způsobem, a to ve strukturální formě a ve formě redukované.

### Strukturální tvar MSR

Obsahuje-li lineární MSR celkem  $G$  endogenních proměnných,  $K$  predeterminovaných proměnných a  $G$  náhodných složek, lze jeho strukturální tvar maticově zapsat jako:

$$\mathbf{B}y_t + \mathbf{\Gamma}x_t = u_t \quad (28)$$

$y_t$  ..... vektor endogenních proměnných o rozměru  $[G \times 1]$

$x_t$  ..... vektor predeterminovaných proměnných o rozměru  $[K \times 1]$

$u_t$  ..... vektor náhodných složek strukturálního tvaru o rozměru  $[G \times 1]$

$\mathbf{B}$  ..... matice Beta strukturálních parametrů endogenních proměnných o rozměru  $[G \times G]$

$\mathbf{\Gamma}$  ..... matice Gamma strukturálních parametrů predeterminovaných proměnných o rozměru  $[G \times K]$  (Hušek, 2007)

### Redukovaný tvar MSR

Neomezený redukovaný tvar lze maticově zapsat následovně:

$$y_t = \mathbf{M}x_t + v_t \quad (29)$$

kde  $\mathbf{M}$  je matice multiplikátorů o rozměru  $[G \times K]$ , tedy matice parametrů redukovaného tvaru a lze jí kvantifikovat jako:

$$\mathbf{M} = -\mathbf{B}^{-1}\mathbf{\Gamma} \quad (30)$$

a  $v_t$  je vektor náhodných složek redukovaného tvaru o rozměru  $[G \times 1]$ .



Prvky matice  $M$  představují přímé nebo dynamické multiplikátory, které měří reakci vysvětlovaných proměnných na jednotkovou změnu jedné z predominovaných proměnných za předpokladu *ceteris paribus*<sup>3</sup>. (Hušek, 2007)

### 3.6.3. Dvoustupňová metoda nejmenších čtverců

K odhadu modelu simultánních rovnic se nejčastěji využívá dvoustupňová metoda nejmenších čtverců (DMNČ). Tato metoda je použitelná pro přesně identifikované anebo neidentifikované rovnice. Je založena na principu odhadu parametrů pro každou rovnici zvlášť. Jedná se o opakovanou aplikaci klasické metody nejmenších čtverců ve dvou krocích. Nejprve dochází k odhadu vyrovnaných hodnot vysvětlujících proměnných rovnice na základě redukovaného tvaru a poté dochází k vlastnímu odhadu strukturálních parametrů této rovnice. (Hušek, 2007)

**Postup výpočtu strukturálních parametrů za pomoci DMNČ** je následovný:

1. Sestavení vektorů a matic napozorovaných hodnot pro odhadovanou rovnici:

$$y_{1t} = \beta_{12}y_{2t} + \dots + \beta_{1g}\Delta y_{g\Delta t} + \gamma_{11}x_{1t} + \dots + \gamma_{1k^*}x_{k^*t} + u_{1t} \quad (31)$$

$y_1$  ..... vektor skutečných hodnot endogenní proměnné

$Y_2$  ..... matice napozorovaných hodnot endogenních proměnných zahrnutých v odhadované rovnici

$X^*$  ..... matice hodnot predeterminovaných proměnných v rovnici zahrnutých

$X^{**}$  ..... matice hodnot predeterminovaných proměnných nezahrnutých v odhadované rovnici, ale zahrnutých v ostatních rovnicích modelu

$X$  ..... matice hodnot všech predeterminovaných proměnných, kde  $X = [X^*, X^{**}]$

2. Vyčíslení matice teoretických hodnot  $\hat{Y}_2$  za pomoci vztahu:

$$\hat{Y}_2 = X(X^T X)^{-1} X^T Y_2 \quad (32)$$

---

<sup>3</sup> *ceteris paribus* – z latinského „jsou-li ostatní stejné“ znamená předpoklad, kdy je výsledek platný pouze pokud se ostatní podmínky nezmění

3. Vyčíslení vektoru strukturálních parametrů odhadované rovnice ze vztahu:

$$\begin{bmatrix} \beta_2 \\ \gamma_{1*} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{Y}_2^T \hat{Y}_2 & Y_2^T X_* \\ X_*^T Y_2 & X_*^T X_* \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \hat{Y}_2^T \\ X_*^T \end{bmatrix} y_1 \quad (33)$$

Výraz  $\begin{bmatrix} \hat{Y}_2^T \hat{Y}_2 & Y_2^T X_* \\ X_*^T Y_2 & X_*^T X_* \end{bmatrix}^{-1}$  je tzv. komplexní matice K, která je tvořena celkem čtyřmi submaticemi.

4. Zápis vypočtených parametrů do rovnice, přičemž znaménka parametrů zůstávají nezměněna. (Čechura, 2014)

### 3.6.4. Verifikace MSR

Verifikace modelu simultánních rovnic se provádí obdobně jako u lineárního regresního modelu. Je nutné provést ekonomickou, ekonometrickou a statistickou verifikaci pro každou rovnici simultánního modelu zvlášť.

## 3.7. Prognostické a simulační modely

### 3.7.1. Prognostické modely

Prognózování neboli predikce patří k jednomu z hlavních cílů ekonometrického modelování. „*Ekonometrická prognóza neboli předpověď je kvantitativním odhadem pravděpodobnosti budoucí hodnoty konkrétní ekonomické veličiny pomocí minulé i současné apriorní i výběrové informace, reprezentované ekonomickou teorií, statistickými daty a odhadnutým ekonometrickým modelem.*“ (Hušek, 2007, str. 259)

Prognózy lze dělit z několika hledisek a to podle:

- ✓ období
  - extrapolace<sup>4</sup> do budoucna
  - extrapolace do minulosti (tzv. retrospektiva)

---

<sup>4</sup> Extrapolace – přiblížení, přechod z užší na širší oblast pomocí analogie

- ✓ znalosti endogenní proměnné v období prognózy
  - ex-post predikce, kdy je známá hodnota endogenní proměnné v predikovaném období (tzv. pseudopředpověď)
  - ex-ante predikce, kdy naopak není známá hodnota endogenní proměnné (klasické chápání předpovědi)
- ✓ znalosti exogenních proměnných v období prognózy
  - podmíněná predikce pro období předpovědi neznáme hodnoty exogenních proměnných
  - nepodmíněná predikce pro období předpovědi známe hodnoty exogenních proměnných (Krkošková, 2010)

### **3.7.2. Simulační modely**

Simulační modely využívají kvantifikaci jevů a jejich závislost jako svůj vyjadřovací prostředek. Kvantitativními simulačními modely jsou lineární i nelineární modely, statické a dynamické modely, deterministické a stochastické modely. Při deterministických simulacích se pracuje s hodnotami exogenních proměnných a jejich parametry. (Vančo, 2014)

## **3.8. Svět kávy od semínka k nápoji**

Slovo káva pochází z arabského výrazu „gahwah“, které znamená vzrušení a sílu. V 17. století arabové tímto pojmem označovali nápoje rostlinného původu, tedy i víno. Dodnes se kávě také říká „arabské víno“. (Augustín, 2016)

### **3.8.1. První zmínky o kávě**

Jedna z nejznámějších a zároveň nejstarších legend o kávě je historka pastýře Kaldiho a jeho stáda koz, která pochází přibližně z roku 850. Pastýř koz Kaldi z africké Etiopie upozoroval při pasení svého stáda, že jeho kozy se v určité chvíli začínají chovat nepřiměřeně divoce, stávají se neovladatelné a mají neskonalou energii. Kaldi upozoroval, že je toto chování koz pravidelné, když se stádo pase v blízkosti keřů

s červenými bobulemi. Historka dále říká, že sám pastýř bobule ochutnal a zjistil, že je energetičtější a čilejší. Kaldi se svěřil se svým poznáním opatovi nedalekého kláštera, který byl přesvědčen, že záhadná rostlina je dílem ďábla a hodil bobule do ohně. Oheň v kávovníkových zrnech uvolnil příjemné aroma a tehdy opat okamžitě vyhrabal několik zrněk a přestal je považovat za dílo satana. Po čase se zrný začal experimentovat, zkusil zrna rozdrtit a uvařit z nich odvar a ten pít jako vzácný likér. Zjistil, že nápoj má stimulační účinky a využíval jej tak, že nápoj především podával svým bratrům, aby mohli co nejdéle zůstat v bdělém stavu při nočních modlitbách. (Augustín, 2016)

### **3.8.2. Pěstování, zpracování a pražení kávy**

#### **Pěstování kávy**

Dlouhá cesta kávy začíná na zelené plantáži. Celý proces od semínka k nápoji trvá jistě více než jeden rok. Kávovník je rostlina, která roste především v celém tropickém a subtropickém pásmu. Oblast pěstování kávy se také označuje jako oblast mezi obratníky raka a kozoroha. Kávovník se řadí mezi ovocné dřeviny a dle jeho výšky ho řadíme mezi keře, jiné mezi stromy. Může dorůstat až do výšky 15 metrů. První úroda po vysazení kávovníku přichází až po 3-4 letech. Kávovníky při dozrání nejdříve pár dní kvetou a z květů pak postupně rostou plody, které se nazývají kávové třešně. Třešně mohou zrát 9-14 měsíců. Po uzrání plodů – červených třešní, přichází na řadu sběr kávy. (Veselá, 2011)

#### **Zpracování kávy**

Nasbírané kávové třešně se na plantážích dále zpracovávají. Tento proces má veliký vliv na výslednou chuť kávy, ale taky i na její cenu. Existují tři základní metody zpracování kávy a patří mezi ně suchá metoda, polo-suchá a mokrá metoda.

- ✓ Suchá metoda patří mezi nejjednodušší, nejstarší a finančně nejméně náročné metody. Kávové třešně se hned po sběru rovnoměrně rozprostřou na zemi, kde se nechají celé plody uschnout. Tento proces trvá až jeden měsíc. Po uschnutí se plody loupou, nejčastěji za pomoci loupacích strojů. Tato metoda je specifická tím, že se většinou používá na méně kvalitní zrna.
- ✓ Mokrá metoda patří mezi náročnější metody zpracování kávy. Výsledkem je ale mnohem kvalitnější káva. Kávové třešně jsou nejdříve promývány vodou ve speciálních nádobách, kde se zároveň třídí kvalitní zrna od těch nekvalitních. Po této fázi dochází k loupání třešní za pomoci speciálních strojů. Oloupaná zrna

putují do kvasných nádrží, kde probíhá proces fermentace, který může trvat až 36 hodin. Poté je potřeba, aby se kávová zrna usušila a to buď v speciálních sušících strojích s horkým vzduchem anebo na slunci. Náročnost této metody spočívá především v množství spotřebované vody.

- ✓ Polo-suchá metoda se provádí komplexně bez promývání větším množstvím vody. Podobně jako u mokré metody putují zralé třešně do vodní lázně, kde se zralé plody selektují od nezralých. Poté cestují do loupacích strojů a nakonec jsou oddělená zrna sušena na slunci. (Veselá, 2011)

### **Pražení kávy**

Po zpracování kávových třešní, putují kávová zrna v jutových pytlích na palubách lodí do pražírny. Pražením zpracovaných zelených zrn se rozvíjí všechny chutě kávy. Každé zelené kávové zrno potřebuje jinou pražicí teplotu a jinou délku pražení. Proces pražení a nastavení pražicího profilu jsou předem naprogramovány na počítačích. K pražení kávy se dnes využívají zejména horkovzdušná pražicí zařízení anebo pražírny se speciálním rotujícím bubnem. Pražič ještě před zahájením hlavního pražení provede zkušební pražení malého množství zrna, kde kontrolní proces pražení trvá 8 až 12 minut. Kontrolně upražená káva je následně degustována a nakonec vyberou tu nejlepší. (Augustín, 2016)

### **Proces pražení**

Zelená zrna jsou po celou dobu pražení umístěna v otáčivém bubnu pražičky, díky čemuž jsou všechna zrna upražena stejně a rovnoměrně. Zrna jsou pražena po dobu 10-15 minut, přičemž ztrácejí na hmotnosti, jelikož se z nich vypařuje voda. Zhruba po 9 minutách dochází k prvnímu prasknutí zrn, což znamená, že zrna znatelně zvětšují svoji velikost. Některé kávy se praží až do druhého prasknutí zrn, ke kterému dochází v dalších 5-6 minutách. Pokud by byla zrna pražena déle než do druhého prasknutí, byla by přepálená. (Veselá, 2011)

## **3.9. Svět kávy v ekonomice**

Je dokázáno, že káva patří po vodě a čaji mezi nejoblíbenější nealkoholické nápoje na světě. Světový trh s kávou se z obchodního hlediska řadí mezi největší a navíc je

srovnatelný s trhem s významnými produkty jako jsou například ropa, zemní plyn, obilí, nerostné suroviny a jiné. Statistiky uvádějí, že se celosvětově ročně vypije v průměru kolem 400 miliard šálků kávy. Zároveň svět kávy zaměstnává více než 25 miliónů lidí. Každý kávovníkový keř vyprodukuje ročně průměrně půl až jeden a půl kilogramu kávových zrn. (Augustín, 2016)

### 3.9.1. Světová produkce kávy

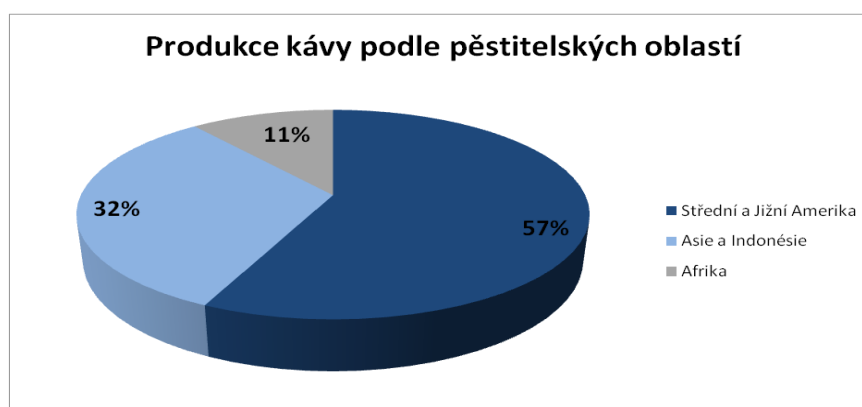
Celková produkce kávy za období 2015/2016 činí 151 438 žoků<sup>5</sup>, to je v přepočtu více než 9 milionů kilogramů kávy. Za posledních 15 let vzrostla celková produkce kávy přibližně o 3,2 milionů kilogramů kávy, tedy o 25 %.

Ve světě kávy se rozlišují tři základní pěstitelské oblasti kávy:

- ✓ Střední a Jižní Amerika
- ✓ Afrika
- ✓ Asie a Indonésie

Největším producentem kávy je bezesporu oblast střední a jižní Ameriky, která se v období 2015/2016 podílela z 57 % na celkové světové produkci kávy. Asie a Indonésie se v tomto období na světové produkci kávy podílela z 32 % a Afrika pouze z 11 %.

**Graf 4 - Celková produkce kávy podle pěstitelských oblastí**

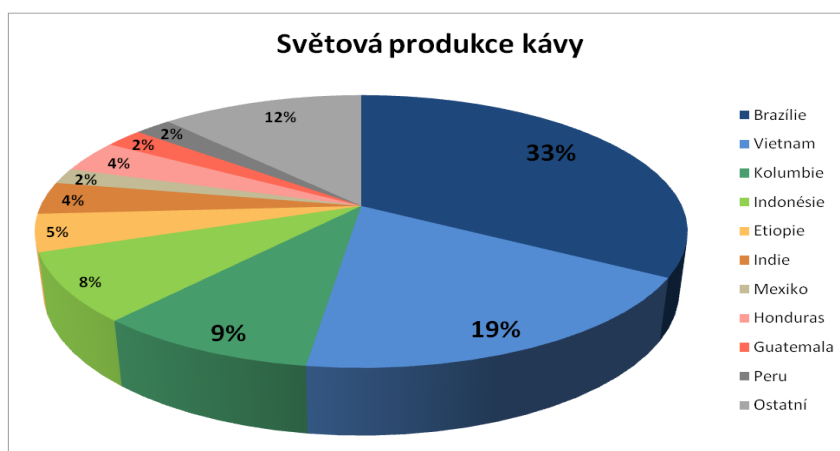


Zdroj: vlastní zpracování, International Coffee Organization

<sup>5</sup> žok – 60 kg jutový pytel kávy

V grafu níže je zobrazeno 10 zemí s největší celosvětovou produkcí kávy za období 2015/2016. Těchto top 10 zemí se podílí na celosvětové produkci až z 88 %, ostatní země pouze z 12 %. Mezi tři celosvětově největší producenty kávy patří Brazílie, Vietnam a Kolumbie. Z dat za období 2015/2016, Brazílie vyprodukovala 33 % z celkové světové produkce kávy, v přepočtu na kilogramy kávy to dělá zhruba 3 milióny kilogramů kávy. Jako další významné producentské země lze uvést Indonésii, Etiopii, Indii, Mexiko, Honduras, Guatemala a Peru.

**Graf 5 - Světová produkce kávy podle zemí**

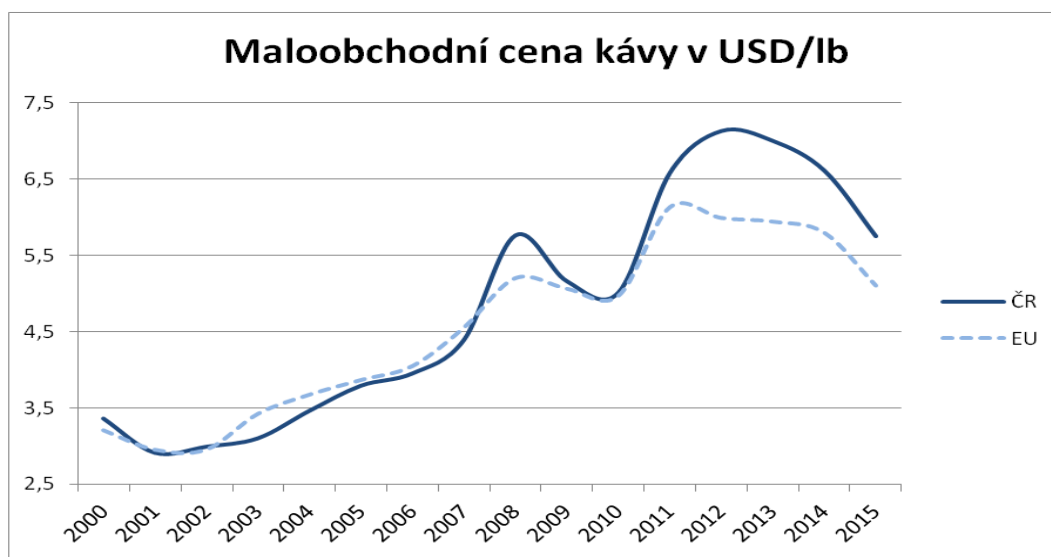


Zdroj: vlastní zpracování, International Coffee Organization

### 3.9.2. Maloobchodní cena kávy

Maloobchodní cena kávy v České republice od roku 2000 výrazně rostla až do roku 2012, kdy cena začala zase postupně klesat. Celkově vzrostla maloobchodní cena kávy od roku 2000 zhruba o 42 %. Na grafu níže je zobrazen vývoj maloobchodních cen kávy v letech 2000 – 2015 v České republice v porovnání s průměrnými maloobchodními cenami Evropské Unie. Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech za libru (1 libra = 0,454 kg). Je zřejmé, že od roku 2008 v České republice zaplatí obyvatelé za kávu více, než je evropský průměr. Nejvíce však za kávu zaplatí obyvatelé Itálie a Rakouska.

**Graf 6 - Maloobchodní cena kávy v USD/lb**

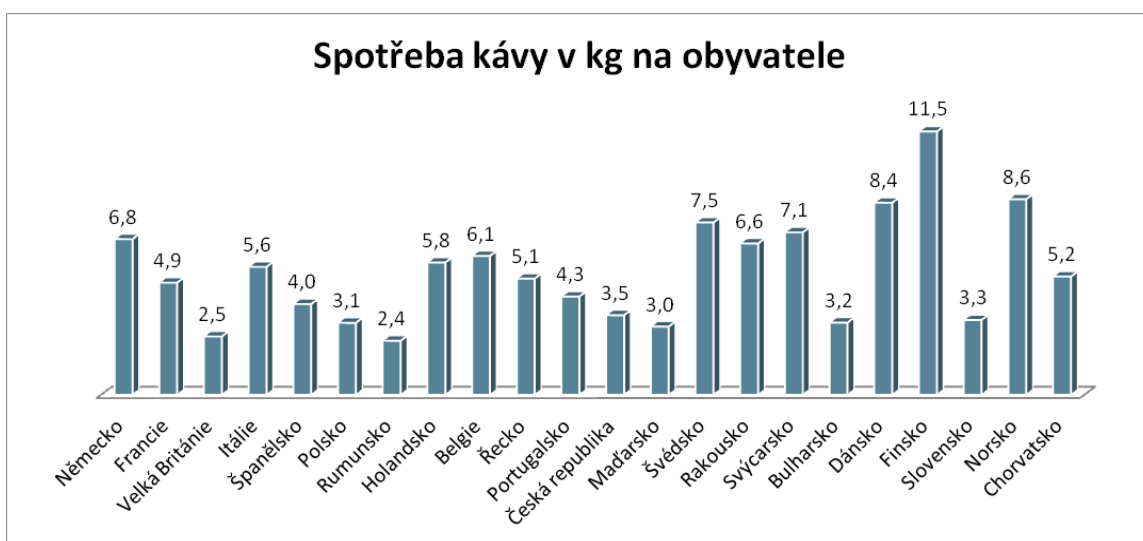


Zdroj: vlastní zpracování, International Coffee Organization

### 3.9.3. Spotřeba kávy

V grafu níže je uvedena spotřeba kávy na obyvatele EU. Jedná se o průměrnou spotřebu kávy v letech 2000 – 2015.

**Graf 7 - Spotřeba kávy v kg na obyvatele**



Zdroj: vlastní zpracování, International Coffee Organization



Největším spotřebitelem kávy v EU je Finsko, které ročně spotřebuje 11,5 kg kávy na obyvatele. Česká republika spotřebuje ročně průměrně 3,5 kg kávy na obyvatele, přičemž průměr EU v spotřebě kávy je 5,4 kg kávy na obyvatele.

## **4. Vlastní práce**

### **Ekonometrická analýza determinant poptávky po kávě**

Ve vlastní práci budou nejdříve analyzovány vybrané proměnné, které podle ekonomické teorie mají vliv na spotřebu kávy. Trend vývoje těchto proměnných bude analyzován v letech 1995 – 2015, bude se tedy jednat o časovou řadu dvaceti pozorování.

V další části vlastní práce bude proveden odhad jednorovnicového modelu za pomoci běžné metody nejmenších čtverců. V tomto modelu bude vystupovat celkem šest proměnných (včetně jednotkového vektoru). Vysvětlovanou endogenní proměnnou bude spotřeba zrnkové kávy a jako exogenní vysvětlující proměnné budou využity spotřebitelská cena zrnkové kávy, spotřebitelská cena rozpustné kávy, průměrná hrubá měsíční mzda a spotřeba zrnkové kávy v předchozím roce.

Dále bude proveden odhad třírovnicového simultánního modelu za pomoci dvoustupňové metody nejmenších čtverců, kde bude vystupovat celkem jedenáct proměnných. Spotřeba zrnkové kávy, spotřeba rozpustné kávy a dovoz kávy budou v modelu vystupovat jako vysvětlované endogenní proměnné. Spotřebitelská cena zrnkové kávy, cena rozpustné kávy, průměrná měsíční mzda a kurz amerického dolaru budou zase na straně vysvětlujících exogenních proměnných. Do modelu budou dále zahrnuté endogenní zpožděné proměnné, které budou vystupovat v roli predeterminovaných proměnných.

Na závěr každé dílčí části budou na základě odhadnutých modelů provedeny simulace a prognózy vysvětlovaných proměnných pro následující 3 roky.

#### **4.1. Analýza trendu vybraných proměnných**

Pro zpracování ekonometrické analýzy spotřeby kávy byly vybrány následující proměnné:

- ✓ Spotřeba zrnkové kávy
- ✓ Spotřeba rozpustné kávy
- ✓ Spotřebitelská cena zrnkové kávy

- ✓ Spotřebitelská cena rozpustné kávy
- ✓ Dovoz kávy
- ✓ Příjmy spotřebitelů
- ✓ Kurz amerického dolaru (USD)

Všechny vybrané proměnné jsou analyzovány v časové řadě v letech 1995 – 2015 a jsou proloženy lineární trendovou funkcí pro zobrazení trendu vývoje za vybraných 21 let.

#### 4.1.1. Spotřeba zrnkové kávy

V grafu níže je zobrazena spotřeba zrnkové kávy v letech 1995 – 2015 v kilogramech na obyvatele.

**Graf 8 - Spotřeba zrnkové kávy 1995 - 2015**



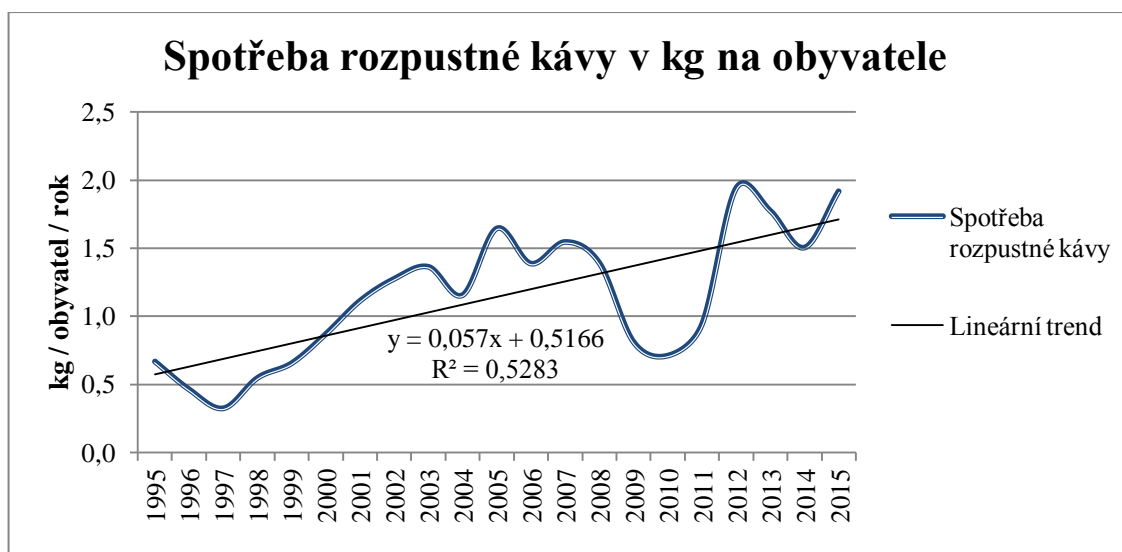
Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

Spotřeba zrnkové kávy má v průběhu sledovaného období klesající trend, zejména z důvodu nárůstu spotřeby kávy rozpustné, která se v současné době stává nejoblíbenějším druhem kávy v českých domácnostech. Průměrná spotřeba zrnkové kávy v letech 1995 - 2015 je 2,3 kilogramu na obyvatele za rok. Průměrně spotřeba zrnkové kávy klesá meziročně o 0,5 %, celkově tak spotřeba zrnkové kávy za sledovaných dvacet let klesla o 10 %. Podle uvedené lineární trendové funkce by spotřeba zrnkové kávy v dalších letech nadále klesala s 53,5 % pravděpodobností.

#### 4.1.2. Spotřeba rozpustné kávy

V následujícím grafu je zobrazena spotřeba rozpustné kávy za období 1995 – 2015 v kilogramech na jednoho obyvatele. Rozpustná káva je v modelu považována za největšího konkurenta kávy zrnkové, tedy se předpokládá, že spotřeba rozpustné kávy má největší vliv na spotřebu zrnkové kávy.

Graf 9 - Spotřeba rozpustné kávy 1995 - 2015



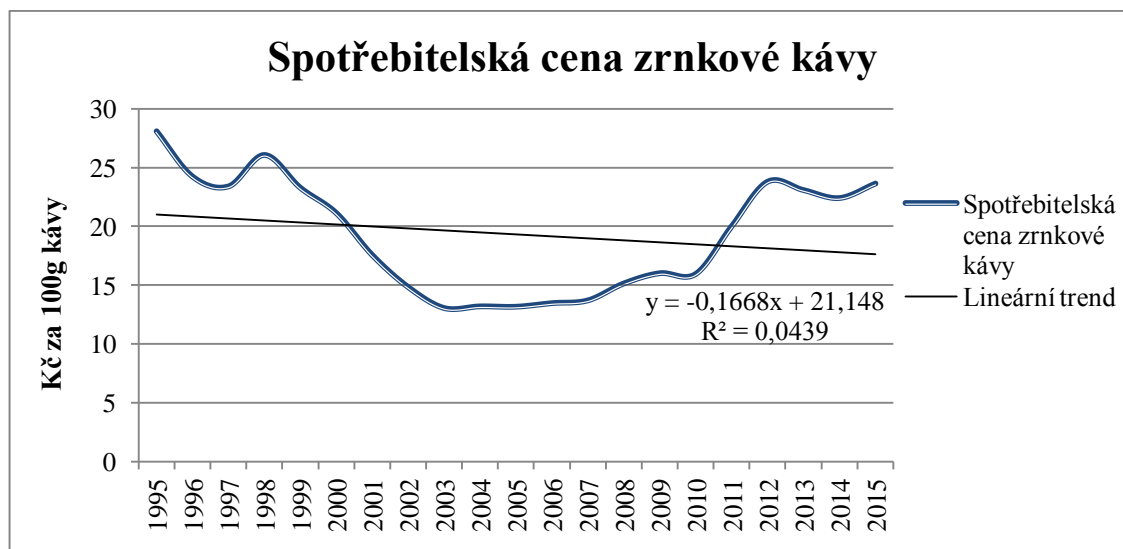
Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

Spotřeba rozpustné kávy má na rozdíl od kávy zrnkové rostoucí trend. Důvodem mohou být preference obyvatel v způsobu přípravy kávy, kdy příprava rozpustné kávy je mnohem jednodušší a pohodlnější. Průměrná spotřeba rozpustné kávy v sledovaném období je 1,1 kilogramu kávy na jednoho obyvatele. Meziročně spotřeba rozpustné kávy roste o 10,6 %, co znamená, že za dvacet let se spotřeba navýšila až o 211 %. Největší pokles spotřeby rozpustné kávy byl zaznamenán od roku 2007, co by se dalo spojit s počátkem ekonomické krize a tedy lze očekávat, že spotřeba poměrně luxusního statku se v tomto období snížila. Trendová funkce určuje rostoucí trend spotřeby rozpustné kávy v následujících letech se spolehlivostí 52,8 %.

### 4.1.3. Spotřebitelská cena zrnkové kávy

Cena má z pohledu ekonomické teorie největší vliv na konečnou spotřebu dané komodity. V grafu níže je zobrazen vývoj spotřebitelských cen zrnkové kávy v Kč za 100 gramů kávy v letech 1995 – 2015.

Graf 10 - Spotřebitelská cena zrnkové kávy 1995 - 2015



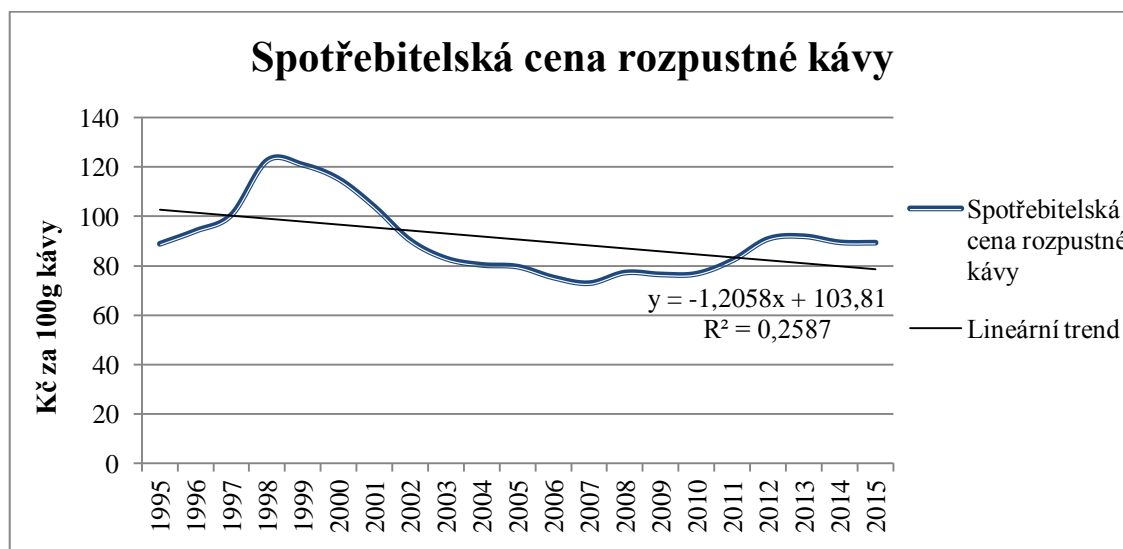
Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

Z grafu je patrné, že spotřebitelská cena zrnkové kávy má z dlouhodobého hlediska mírně klesající trend. Z vývoje ceny zrnkové kávy je ale patrné, že do roku 2003 cena zrnkové kávy měla klesající tendenci a od roku 2003 její cena spíše roste. Propad cen v letech 1998 až 2005 mohl být ovlivněn mnoha faktory, jako jsou například ceny kávy na americké burze, různými vlivy počasí anebo politickou situací. V tomto případě lze konstatovat, že do jisté míry byl tento pokles ceny zrnkové kávy ovlivněn kurzem amerického dolaru, který od roku 2000 výrazně klesal. Průměrná cena zrnkové kávy v letech 1995 – 2015 je 25,7 Kč za 100g kávy. Dále lze říct, že cena zrnkové kávy meziročně klesá o 0,44 Kč, v přepočtu o 0,3 %. Na základě lineární trendové funkce by se předpokládal pokles spotřeby rozpustné kávy v příštích letech, ale pouze s 4,4 % spolehlivostí odhadu. Proto by bylo nutné zvolit pro stanovení příštího vývoje jinou než lineární funkci.

#### 4.1.4. Spotřebitelská cena rozpustné kávy

Vývoj spotřebitelské ceny rozpustné kávy v Kč za 100 gramů kávy v letech 1995 – 2015 je zobrazen na grafu níže.

Graf 11 - Spotřebitelská cena rozpustné kávy 1995 - 2015



Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

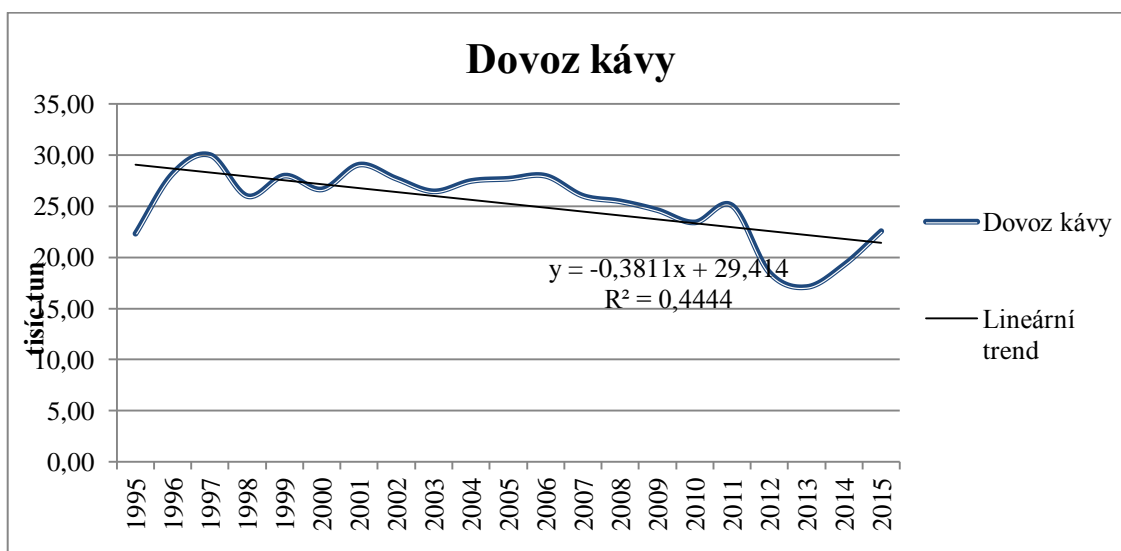
Obdobně jako cena zrnkové kávy, tak i spotřebitelská cena rozpustné kávy má v sledovaných dvaceti letech klesající trend. Cena rozpustné kávy na začátku sledovaného období dosahovala nejvyšší ceny vůbec, především z důvodu, že se jednalo o novinku ve světě kávy a její přípravy a to se nakonec odrazilo na její ceně. V dalších letech její cena mírně klesala, podobně jako u kávy rozpustné s tím rozdílem, že se nejednalo o tak výrazný pokles. Průměrná cena rozpustné kávy je 90,5 Kč za 100 gramů kávy. Průměrný pokles ceny v jednotlivých letech je o 0,31 %, průměrně tak cena rozpustné kávy od roku 1995 klesla o 6,16 %. Nejvyšší ceny dosáhla rozpustná káva v roce 1998 a to téměř 123 Kč za 100 gramů kávy. Na základě lineární trendové funkce lze předpokládat, že cena rozpustné kávy bude v následujících letech mírně klesat, ale pouze se spolehlivostí 25,9 %.

#### 4.1.5. Dovoz kávy

Veškerá káva je do České republiky dovážena, jelikož se zde tato komodita nepěstuje. Káva je dovážena jak v podobě pražené kávy, tak v podobě zelených nepražených zrn,

zároveň tak káva s kofeinem i bez kofeinu. V následujícím grafu je zobrazen vývoj čistého dovozu kávy do České republiky v tisících tunách kávy v letech 1995 – 2015. Čistým dovozem kávy je myšlen celkový dovoz kávy očištěný o případný vývoz kávy v jednotlivých letech.

**Graf 12 - Dovož kávy 1995 - 2015**



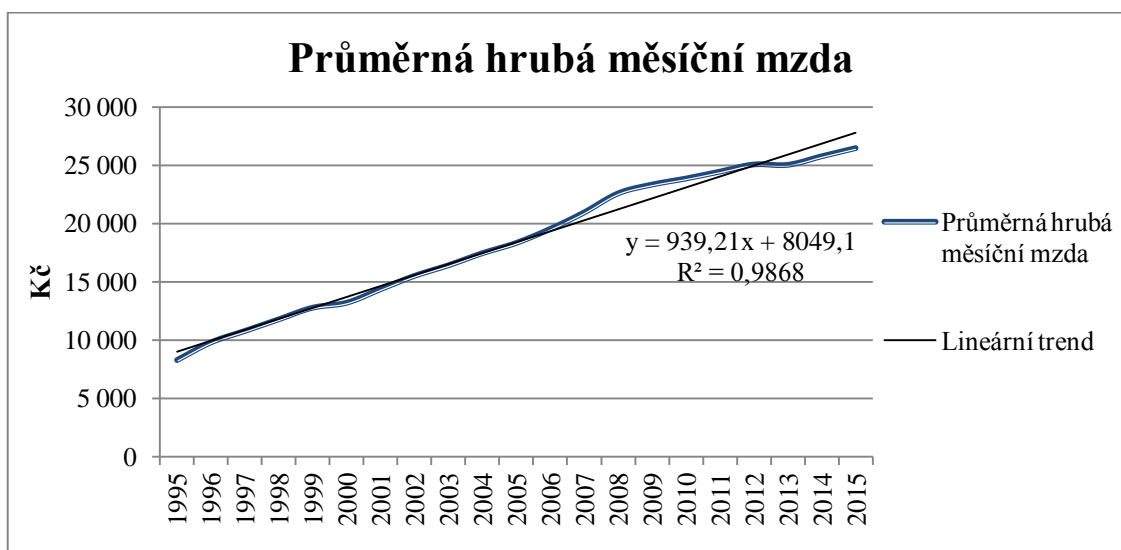
Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

Z grafu vyplývá, že dovoz kávy má klesající trend a to pravděpodobně z důvodu klesajícího trendu spotřeby zrnkové kávy. Průměrný dovoz kávy v průběhu sledovaného období činí 25,22 tisíc tun kávy ročně. Průměrně meziroční dovoz kávy klesá meziročně o 0,7 %, z toho vyplývá, že za sledované období dovoz kávy klesl o 13,6 %. Z průběhu lineárního trendu lze očekávat pokles dovozu kávy v příštích letech se spolehlivostí 44,4 %.

#### 4.1.6. Průměrná hrubá měsíční mzda

Další proměnnou je průměrná hrubá měsíční mzda v České republice v letech 1995 – 2015, její průběh je zachycen níže.

**Graf 13 - Průměrná hrubá měsíční mzda 1995 - 2015**



Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování

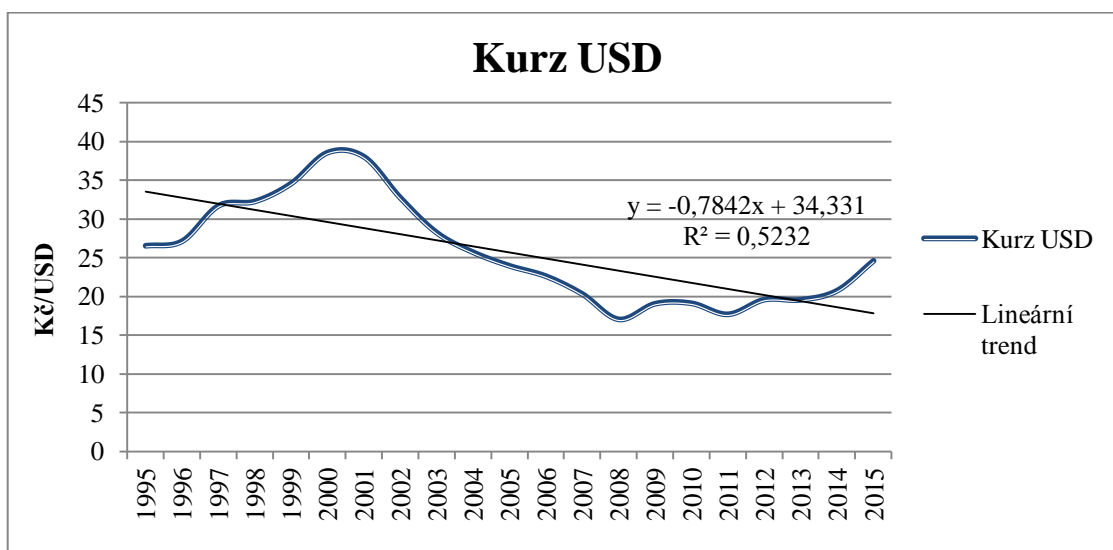
Z grafu je patrné, že průměrná měsíční hrubá mzda roste téměř konstantně. Mzda vzrostla od roku 1995 z 8 307 Kč na 26 467 Kč v roce 2015. Meziročně mzda rostla průměrně o 908 Kč, tedy průměrně o 6 %. Na základě lineární trendové funkce se až s 98,7 % spolehlivostí odhaduje, že hrubá měsíční mzda spotřebitelů bude nadále růst a to až o 939 Kč ročně.

#### **4.1.7. Kurz USD**

Poslední proměnnou je kurz amerického dolaru, kterého vývoj v letech 1995 – 2015 je zobrazen v následujícím grafu.



Graf 14 - Kurz USD 1995 - 2015



Zdroj: SW Gretl – vlastní pracování

Kurz amerického dolaru od roku 1995 do roku 2001 zaznamenával výrazný růst a americký dolar tak meziročně posiloval o téměř 8 %. Po roce 2001 kurz amerického dolaru značně klesal zhruba o 9,6 % ročně až do roku 2008, kdy začal kurz USD mírně růst. Od roku 2008 meziroční nárůst již není tak výrazný, jedná se průměrně o nárůst 5,7 % ročně. Se spolehlivostí 52,3 % lze předpokládat pokles amerického dolaru v příštích letech.

## 4.2. Lineárně regresní model

### 4.2.1. Formulace ekonomického modelu

Ekonomický model spotřeby zrnkové kávy v České republice byl sestaven na základě poznatků z ekonomické teorie a výsledný tvar modelu je:

$$y_{1t} = fce(x_{1t}, x_{2t}, x_{3t}, x_{4t}, y_{1(t-1)})$$

$y_{1t}$	.....	spotřeba zrnkové kávy (kg/obyvatel/rok)
$x_{1t}$	.....	jednotkový vektor
$x_{2t}$	.....	spotřebitelská cena zrnkové kávy (Kč/100g)
$x_{3t}$	.....	spotřebitelská cena rozpustné kávy (Kč/100g)
$x_{4t}$	.....	průměrná hrubá měsíční mzda (tisíc Kč)
$y_{1(t-1)}$	.....	spotřeba zrnkové kávy v předešlém období (kg/obyvatel/rok)

Základním předpokladem ekonomického modelu je závislost spotřeby zrnkové kávy jako vysvětlované proměnné na ceně zrnkové kávy, ceně rozpustné kávy, na měsíčním hrubém příjmu a na spotřebě zrnkové kávy v čase  $t-1$ . Dále se předpokládá, že rozpustná káva je nejbližší substitut ke kávě zrnkové a káva jako statek je považována za statek zbytný.

Na základě ekonomické teorie se předpokládají následovné vztahy mezi proměnnými:

- ✓ s růstem ceny zrnkové kávy klesá její spotřeba
- ✓ s růstem ceny rozpustné kávy roste i spotřeba zrnkové kávy
- ✓ s růstem hrubých měsíčních příjmu domácností roste zároveň spotřeba kávy
- ✓ s růstem spotřeby zrnkové kávy v předchozím období klesá spotřeba zrnkové kávy v současném období, jelikož spotřeba zrnkové kávy vykazuje klesající lineární trend

#### 4.2.2. Formulace ekonometrického modelu

Jednorovnicový ekonometrický model bude obsahovat jednu endogenní proměnnou  $y_t$  v čase  $t$ , čtyři exogenní proměnné běžného období  $x_{1t-4t}$ , jednu zpožděnou endogenní proměnnou  $y_{t(t-1)}$  a jednu náhodnou složku  $u_t$ . Proměnné byly již deklarovány při formulaci ekonomického modelu. Funkční tvar jednorovnicového ekonometrického modelu bude lineární.

Výsledný jednorovnicový ekonometrický model má podobu:

$$y_{1t} = \gamma_1 x_{1t} + \gamma_2 x_{2t} + \gamma_3 x_{3t} + \gamma_4 x_4 + \gamma_5 y_{1(t-1)} + u_t$$

#### 4.2.3. Ověřování statistických dat

Jednorovnicový lineární regresní model byl navržen pro celkem šest proměnných, které jsou zachyceny v časové řadě 21 pozorování v letech 1995 – 2015. Data byla získána z databáze Českého statistického úřadu. K ověření dat byly zvoleny základní popisné statistiky – průměr, medián, minimum, maximum, rozptyl, směrodatná odchylka, šikmost a špičatost. Výsledné hodnoty všech proměnných jsou vypočteny v následující tabulce.

**Tabulka 1 - Popisné statistiky**

Proměnná	Popisné statistiky							
	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.	Šikmost	Špičatost
y1t	2,283	2,300	1,860	2,600	0,047	0,216	-0,524	-0,416
x2t	19,314	20,020	13,075	28,095	24,392	4,939	0,089	-1,508
x3t	90,549	89,320	72,900	122,680	216,361	14,709	1,027	0,270
x4t	18,380	18,344	8,307	26,467	34,417	5,867	-0,177	-1,382
y1(t-1)	2,297	2,300	1,860	2,600	0,040	0,199	-0,522	0,029

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.2.4. Odhad modelu - BMNČ

Podkladová data pro odhad parametrů modelu běžnou metodou nejmenších čtverců jsou uvedena v přílohách práce. Pro odhad modelu byla vyčíslena matice X a vektor y.

	Matice X					Vektor y
1	28,10	88,88	8,31	2,20	2,30	
1	24,25	94,13	9,83	2,30	2,30	
1	23,42	100,64	10,80	2,30	2,50	
1	26,09	122,68	11,80	2,50	2,50	
1	23,30	120,92	12,80	2,50	2,60	
1	21,15	115,15	13,22	2,60	2,40	
1	17,58	103,85	14,38	2,40	2,60	
1	14,86	90,23	15,52	2,60	2,50	
1	13,08	82,91	16,43	2,50	2,30	
1	13,22	80,32	17,47	2,30	2,40	
1	13,19	79,60	18,34	2,40	2,20	
1	13,49	75,20	19,55	2,20	2,30	
1	13,73	72,90	20,96	2,30	2,40	
1	15,17	77,21	22,59	2,40	2,18	
1	16,04	76,44	23,34	2,18	2,19	
1	15,97	76,73	23,86	2,19	1,97	
1	20,02	82,17	24,46	1,97	2,33	
1	23,82	90,86	25,07	2,33	1,97	
1	23,10	91,92	25,04	1,97	1,86	
1	22,43	89,47	25,77	1,86	2,24	
1	23,66	89,32	26,47	2,24	1,90	

Dále byla vyčíslena korelační matice pro zjištění existence vysoké multikolinearity v modelu.

**Tabulka 2 - Korelační matice**

Proměnná	Označ. korelace jsou významné na hlad. p < ,05000 N=21 (Celé případy vynechány u ChD)				
	y1t	x2t	x3t	x4t	y1(t-1)
y1t	<b>1,000000</b>	-0,070591	0,464441	-0,713634	0,490315
x2t	-0,070591	<b>1,000000</b>	0,627138	-0,269092	-0,183044
x3t	0,464441	0,627138	<b>1,000000</b>	-0,549806	0,426025
x4t	-0,713634	-0,269092	-0,549806	<b>1,000000</b>	-0,567598
y1(t-1)	0,490315	-0,183044	0,426025	-0,567598	<b>1,000000</b>

Zdroj: SW Statistica - vlastní zpracování

Z korelační matice je zřejmé, že mezi exogenními proměnnými neexistuje vysoká multikolinearita, jelikož párové korelační koeficienty nedosahují hodnot vyšších 0,8. Proto nebylo nutné podkladová data upravovat.

Odhad modelu běžnou metodou nejmenších čtverců byl proveden pomocí softwaru Gretl. Výstup odhadu je uveden v příloze. Výsledné hodnoty parametrů proměnných jsou uvedeny v tabulce níže.

**Tabulka 3 - Odhadnuté parametry BMNČ**

Parametr	Hodnota parametru
$\gamma_1$ - Jednotkový vektor	3,47368
$\gamma_2$ - SC zrnkové kávy	-0,0344289
$\gamma_3$ - SC rozpustné kávy	0,0103771
$\gamma_4$ - Hrubý měsíční příjem	-0,0278128
$\gamma_5$ - Spotřeba zrnkové kávy (t-1)	-0,415427

Zdroj: SW Gretl – vlastní zpracování

Z výše vypočtených parametrů lze sestavit finální rovnici jednorovnicového ekonometrického modelu:

$$y_{1t} = 3,47368 - 0,034429x_{2t} + 0,0103771x_{3t} - 0,027813x_{4t} - 0,415427y_{1(t-1)} + u_t$$

#### 4.2.5. Ekonomická verifikace

V rámci ekonomické verifikace se hodnotí směr a intenzita působení vysvětlujících proměnných na proměnnou vysvětlovanou. Z výše odhadnutého modelu lze za podmínek *ceteris paribus* předpokládat:

- ✓ Průměrná spotřeba zrnkové kávy při nulových hodnotách ostatních vysvětlujících proměnných by byla 3,47 kg kávy na obyvatele za rok.
- ✓ Zvýší-li se spotřebitelská cena zrnkové kávy o 1 Kč, tak se spotřeba zrnkové kávy sníží o 34,43 gramů na obyvatele za rok.
- ✓ Zvýší-li se spotřebitelská cena rozpustné kávy o 1 Kč, spotřeba zrnkové kávy se zvýší o 10,38 gramů na obyvatele za rok.
- ✓ Zvýší-li se hrubý měsíční příjem spotřebitelů o jednu jednotku, spotřeba zrnkové kávy se sníží o 27,81 gramů kávy na obyvatele za rok.
- ✓ Zvýší-li se spotřeba zrnkové kávy v předchozím roce o jednotku, spotřeba zrnkové kávy v současném roce se sníží o 0,41 kg na obyvatele za rok.

Všechny uvedené předpoklady jsou v souladu s předpoklady ekonomické teorie, s výjimkou proměnné hrubý měsíční příjem, kdy se předpokládalo, že s rostoucím příjmem spotřebitelů roste i spotřeba zrnkové kávy. Toto chování může být způsobeno tím, že s rostoucím příjmem spotřebitelé vyhledávají kvalitnější a luxusnější statky jako například rozpustnou kávu, která je dražší a zároveň jednodušší na přípravu.

#### 4.2.6. Statistická verifikace

V rámci statistické verifikace se posuzuje shoda modelu s daty a statistická významnost odhadnutých parametrů.

##### **Shoda modelu s daty**

Hodnota koeficientu determinace  $R^2$  je 0,733944, což znamená, že změny ve vysvětlované proměnné jsou ze 73,39 % závislé na změnách vysvětlujících proměnných. Hodnota korigovaného koeficientu determinace  $\bar{R}^2$  je o něco nižší a to 0,667430 a tedy změny závislé proměnné jsou z 66,74 % vysvětleny změnami nezávislých proměnných.

### Statistická významnost odhadnutých parametrů

Statistická významnost odhadnutých parametrů se určuje pomocí t-testu. Z výstupu ze softwaru Gretl jsou k dispozici p-hodnoty pro jednotlivé parametry, které informují o hladině významnosti, na níž je zamítána nulová hypotéza. Nulová hypotéza říká, že parametr není statisticky významný na zvolené hladině významnosti. Pokud je vypočtená p-hodnota menší než zvolená hladina významnosti, nulová hypotéza je zamítnuta. Vypočtené hodnoty ze SW Gretl jsou zobrazeny v následující tabulce.

**Tabulka 4 - P-hodnoty parametrů jednorovnicového modelu**

Parametr	P-hodnota
$\gamma_2$ - SC zrnkové kávy	0,0027
$\gamma_3$ - SC rozpustné kávy	0,0084
$\gamma_4$ - Hrubý měsíční příjem	0,0006
$\gamma_5$ - Spotřeba zrnkové kávy (t-1)	0,0892

Zdroj: SW Gretl, vlastní zpracování

Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  jsou statisticky významné parametry cena zrnkové kávy, cena rozpustné kávy a hrubý měsíční příjem. Na hladině významnosti 0,1 je významný parametr spotřeba zrnkové kávy v předchozím období.

### 4.2.7. Ekonometrická verifikace

V rámci ekonometrické verifikace budou provedeny testy autokorelace, heteroskedasticity a test normality pro ověření podmínek nutných pro následnou aplikaci ekonometrického modelu.

#### Testy autokorelace

##### Durbin-Watsonov test (DW test)

Střední hodnota DW statistiky je rovná 2 a nachází se v intervalu  $\langle 0; 4 \rangle$ . Hodnota Durbin-Watsonovy statistiky je 2,60326. Podle počtu stupňů volnosti je dolní tabulková mez 0,92719 a horní mez 1,81157. Vypočtená statistika se nachází v intervalu  $\langle 4 - \text{horní mez}; 4 - \text{dolní mez} \rangle$ . V tomto případě nelze rozhodnout, zda se jedná o autokorelaci nebo nikoliv, proto k prověření přítomnosti autokorelace bude dále proveden Breusch-Godfreyův test.

### Breusch-Godfreyův test (BG test)

P-hodnota podle BG testu je 0,0066. Nulová hypotéza říká, že v modelu není přítomna autokorelace 1. řádu. Vypočtená p-hodnota BG testu je nižší než hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ , proto se nulová hypotéza zamítá. V modelu je přítomná autokorelace 1. řádu.

### **Test heteroskedasticity**

Pro zjištění výskytu heteroskedasticity byl použitý Whiteův test.

### Whiteův test

Nulová hypotéza říká, že rezidua mají konstantní rozptyl, jedná se tedy o homoskedasticitu. Dle Whiteova testu je vypočtená p-hodnota 0,231131. P-hodnota je vyšší než hladina významnosti 0,05 a tedy nulovou hypotézu nelze zamítnout na zvolené hladině významnosti. Tím se potvrzuje heteroskedasticita modelu.

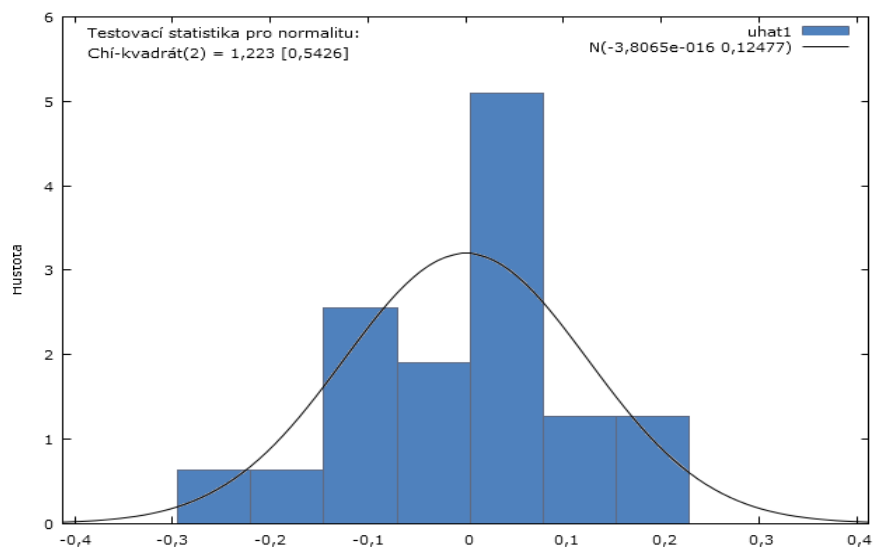
### **Test normality reziduí**

Pro ověření normálního rozdělení náhodné složky byl použit Jarque-Bera test.

### Jarque-Bera test

Nulová hypotéza říká, že rezidua mají normální rozdělení. P-hodnota Jarque-Bera testu je 0,54263 která je větší než zvolená hladina významnosti. Nulovou hypotézu nelze zamítnout, jedná se tedy o normální rozdělení reziduí. Normální rozdělení reziduí je také patrné z následujícího grafu.

**Graf 15 - Normalita**



Zdroj: SW Gretl, vlastní zpracování

V tabulce níže jsou uvedeny výsledky všech provedených testů v rámci ekonometrické verifikace jednorovnicového modelu.

**Tabulka 5 - Výsledky testů ekonometrické verifikace**

Test	Statistika	P-hodnota
Durbin-Watson	2,60326	0,763932
Breusch-Godfrey	9,935013	0,00658
White test	17,487449	0,231131
Jarque-Bera	1,223	0,54263

Zdroj: SW Gretl – vlastní zpracování

#### 4.2.8. Aplikace jednorovnicového modelu

Při aplikaci jednorovnicového modelu bude využitý výpočet pružností a to konkrétně přímá cenová pružnost, cenová křížová pružnost a nakonec příjmová pružnost. Výpočet je proveden na základě průměrů pozorování jednotlivých vysvětlujících proměnných. Podkladové údaje pro výpočet pružností jsou v tabulce níže.

**Tabulka 6 - Podkladové údaje pro výpočet pružností**

Proměnná	Hodnota parametru	Průměr pozorování	Teoretická hodnota
SC zrnkové kávy	-0,0344289	19,314	2,28286
SC rozpustné kávy	0,0103771	90,549	2,28286
Hrubý měsíční příjem	-0,0278128	18,380	2,28286
Spotřeba zrnkové kávy (t - 1)	-0,415427	2,297	2,28286

Zdroj: vlastní zpracování

##### **Přímá cenová pružnost**

Koeficient přímé cenové pružnosti je -0,29128. Znamená to, že pokud vzroste spotřebitelská cena zrnkové kávy o 1 %, spotřeba zrnkové kávy se sníží o 0,29 %.

##### **Křížová cenová pružnost**

Koeficient křížové cenové pružnosti je 0,411605. Z toho vyplývá, že se změnou spotřebitelské ceny rozpustné kávy o 1 % vzroste spotřeba zrnkové kávy o 0,41 %.

##### **Příjmová pružnost**

Koeficient příjmové pružnosti je -0,22393. Znamená to, že pokud vzroste hrubý měsíční příjem o 1%, spotřeba zrnkové kávy se sníží o 0,22 %.



## Ostatní

Koeficient pružnosti pro spotřebu zrnkové kávy v předchozím roce je -0,41803. Pokud se zvýší spotřeba zrnkové kávy v předchozím roce o 1 %, její spotřeba v současném roce se sníží o 0,42 %.

Výpočet pružností ověřil již vyjádřený vliv vysvětlujících proměnných na proměnu vysvětlovanou v ekonomické verifikaci modelu. Dále lze na základě uvedených koeficientů pružností říci, že proměnná spotřeba zrnkové kávy v čase ( $t - 1$ ) nejvíce ovlivňuje vysvětlovanou proměnnou, jelikož koeficient pružnosti pro tuto proměnnou dosahuje nejvyšších hodnot. Spotřebitelská cena zrnkové kávy ovlivňuje její spotřebu z 21,7 %, spotřebitelská cena rozpustné kávy ovlivňuje spotřebu zrnkové kávy z 30,6 %, průměrný hrubý měsíční příjem ovlivňuje spotřebu zrnkové kávy z 16,7 % a spotřeba zrnkové kávy v předchozím roce z 31 %.

## Simulace scénářů

V další části aplikace modelu bude provedena simulace dvou vybraných scénářů. Tyto scénáře se budou týkat posledního sledovaného roku 2015. K samotnému výpočtu budou využity výše vypočtené koeficienty pružnosti.

- 1. Jak by se musela změnit spotřebitelská cena zrnkové kávy, aby spotřeba zrnkové kávy v daném období dosáhla 2 kg/obyvatel/rok.*

V tomto případě by se musela spotřeba zrnkové kávy změnit o 5,26 % ze 1,9 na 2,0 kg/obyvatel/rok. Aby byla dosažena spotřeba zrnkové kávy 2,0 kg/obyvatel/rok, musela by se spotřebitelská cena zrnkové kávy snížit až o 18,07 %. Tím by se cena zrnkové kávy snížila z původních 23,655 Kč/100g na 19,38 Kč/100g.

- 2. Jak by se musela změnit spotřebitelská cena rozpustné kávy, aby se spotřeba zrnkové kávy zvýšila o 8 %.*

Změna spotřeby zrnkové kávy o 8 % představuje změnu ze 1,9 na 2,05 kg/obyvatel/rok. Aby byla dosažena tato spotřeba zrnkové kávy, musela by se cena rozpustné kávy zvýšit o 19,44 % z původních 89,32 Kč na 106,68 Kč/100g.

#### 4.2.9. Prognózy z LRM

Pro odvození prognózy spotřeby zrnkové kávy pro příští tři roky (2016, 2017, 2018) bude využita odhadnutá rovnice lineárního regresního modelu. V první fázi budou odhadnuty prognózy všech predeterminovaných proměnných. Ve druhé fázi budou tyto hodnoty doplněny do odhadnutého jednorovnicového modelu a tím bude odvozena prognóza vysvětlující proměnné.

Prognózy predeterminovaných proměnných byly provedeny ve SW Gretl. Prognóza pro proměnnou hrubý měsíční příjem byla odhadnuta na základě lineární trendové funkce, protože tato proměnná jako jediná dosahuje lineární průběh své funkce. Prognózy ostatních predeterminovaných proměnných budou odvozeny za pomoci modelu AR, založeném na zpoždění prvního řádu. Výsledné prognózy všech predeterminovaných proměnných jsou uvedeny v následující tabulce.

**Tabulka 7 - Prognózy predeterminovaných proměnných LRM**

Prognózy	X <sub>2t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>5t</sub>	Y <sub>1(t-1)</sub>
2016	23,614	89,16	28,712	2,10
2017	23,077	89,02	29,651	2,20
2018	22,409	88,89	30,590	2,18

Zdroj: SW Gretl – vlastní zpracování

Tyto hodnoty budou dále dosazeny do odhadnuté rovnice LRM, která má tvar:

$$y_{1t} = 3,47368 - 0,034429x_{2t} + 0,0103771x_{3t} - 0,027813x_{4t} - 0,415427y_{1(t-1)} + u_t$$

Výsledné prognózy pro spotřebu zrnkové kávy jsou uvedeny v tabulce níže.

**Tabulka 8 - Prognózy vysvětlované proměnné LRM**

Rok	Prognóza
2016	1,915
2017	1,864
2018	1,868

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky je zřejmé, že spotřeba zrnkové kávy v roce 2016 vzroste na 1,92 kg kávy na osobu za rok. V roce 2017 se předpokládá pokles spotřeby zrnkové kávy na 1,86 kg

na osobu a v dalším roce spotřeba zrnkové kávy opět mírně vzroste na 1,87 kg kávy na osobu za rok. Celkový vývoj spotřeby zrnkové kávy a její prognózy pro následující tři období jsou graficky zobrazeny níže.

**Graf 16 - Prognóza spotřeby zrnkové kávy z LRM**



Zdroj: vlastní zpracování

### 4.3. Simultánní model

#### 4.3.1. Formulace ekonomického modelu

Model simultánních rovnic se skládá z celkem tří rovnic, které popisují spotřebu zrnkové kávy, spotřebu rozpustné kávy a celkový dovoz kávy. Zvolený ekonomický model je daný následujícím zápisem.

$$y_{1t} = f_{ce}(x_{1t}, x_{2t}, x_{4t}, y_{1(t-1)}, y_{2t})$$

$$y_{2t} = f_{ce}(x_{1t}, x_{3t}, x_{4t}, y_{2(t-1)}, y_{1t})$$

$$y_{3t} = f_{ce}(x_{1t}, x_{5t}, y_{1t}, y_{2t}, y_{3(t-1)})$$

$y_{1t}$  ..... spotřeba zrnkové kávy (kg/obyvatel/rok)

$y_{2t}$  ..... spotřeba rozpustné kávy (kg/obyvatel/rok)

$y_{3t}$  ..... dovoz kávy (tisíc tun)

$x_{1t}$  ..... jednotkový vektor

$x_{2t}$	.....	spotřebitelská cena zrnkové kávy (Kč/100g)
$x_{3t}$	.....	spotřebitelská cena rozpustné kávy (Kč/100g)
$x_{4t}$	.....	hrubý měsíční příjem (tisíc Kč)
$x_{5t}$	.....	kurz USD (Kč/USD)
$y_{1(t-1)}$	.....	spotřeba zrnkové kávy v předchozím období (kg/obyvatel/rok)
$y_{2(t-1)}$	.....	spotřeba rozpustné kávy v předchozím roce (kg/obyvatel/rok)
$y_{3(t-1)}$	.....	dovoz kávy v předchozím období (tisíc tun)

První rovnice modelu simultánních rovnic vyjadřuje závislost spotřeby zrnkové kávy na její spotřebitelské ceně, hrubém měsíčním příjmu, spotřebě rozpustné kávy a spotřebě zrnkové kávy v předchozím roce. Ve druhé rovnici je vyjádřena závislost rozpustné kávy na obdobných proměnných a to cena rozpustné kávy, hrubý měsíční příjem, spotřeba zrnkové kávy a spotřeba rozpustné kávy v předchozím roce. Poslední rovnice vyjadřuje závislost dovozu kávy na kurzu amerického dolaru, spotřebě zrnkové a rozpustné kávy a na dovozu kávy v předchozím roce.

Ekonomické předpoklady pro 1. rovnici:

- ✓ S růstem spotřebitelské ceny zrnkové kávy klesá její spotřeba
- ✓ S růstem hrubého měsíčního příjmu spotřebitelů roste spotřeba zrnkové kávy
- ✓ S růstem spotřeby rozpustné kávy klesá spotřeba zrnkové kávy
- ✓ S růstem spotřeby zrnkové kávy v předchozím roce klesá její spotřeba v aktuálním roce, jelikož spotřeba zrnkové kávy vykazuje klesající lineární trend

Ekonomické předpoklady pro 2. rovnici:

- ✓ S růstem spotřebitelské ceny rozpustné kávy klesá její spotřeba
- ✓ S růstem hrubého měsíčního příjmu roste spotřeba rozpustné kávy
- ✓ S růstem spotřeby zrnkové kávy klesá spotřeba rozpustné kávy
- ✓ S růstem spotřeby rozpustné kávy v předchozím roce roste její spotřeba v aktuálním roce, jelikož spotřeba rozpustné kávy vykazuje rostoucí lineární trend

Ekonomické předpoklady pro 3. rovnici:

- ✓ S růstem kurzu amerického dolaru klesá dovoz kávy
- ✓ S růstem spotřeby zrnkové kávy roste dovoz kávy

- ✓ S růstem spotřeby rozpustné kávy roste dovoz kávy
- ✓ S růstem dovozu kávy v předchozím roce klesá dovoz kávy v současném roce, jelikož dovoz kávy má lineárně klesající trend

### 4.3.2. Formulace ekonometrického modelu:

Víceroznicový ekonometrický model je sestaven ze tří rovnic, mezi kterými jsou simultánní vazby. Model obsahuje tři endogenní proměnné běžného období  $y_{1t-3t}$  (přičemž proměnné  $y_{1t}$  a  $y_{2t}$  vystupují v modelu jak v pozici vysvětlující proměnné, tak v pozici vysvětlované proměnné), dále tři endogenní zpožděné proměnné  $y_{1(t-1)-3(t-1)}$ , pět exogenních proměnných běžného období  $x_{1t-5t}$  a nakonec tři stochastické proměnné  $u_{1t-3t}$ .

Model simultánních rovnic má následující zápis:

$$y_{1t} = \gamma_{11}x_{1t} + \gamma_{12}x_{2t} + \gamma_{14}x_{4t} + \beta_{12}y_{2t} + \gamma_{11}y_{1(t-1)} + u_{1t}$$

$$y_{2t} = \gamma_{21}x_{1t} + \gamma_{23}x_{3t} + \gamma_{24}x_{4t} + \beta_{21}y_{1t} + \gamma_{22}y_{2(t-1)} + u_{2t}$$

$$y_{3t} = \gamma_{31}x_{1t} + \gamma_{35}x_{5t} + \beta_{31}y_{1t} + \beta_{32}y_{2t} + \gamma_{33}y_{3(t-1)} + u_{3t}$$

### 4.3.3. Identifikace modelu

Před samotným odhadováním modelu simultánních rovnic je potřeba model identifikovat z důvodu ověření řešitelnosti modelu pro použití DMNČ. Výsledná identifikace modelu je zobrazena v následující tabulce.

Tabulka 9 - Identifikace modelu

	$k^{**}$	$g^*$	$k^{**} \geq g^* - 1$
1. rovnice	$x_{3t}, x_{5t}, y_{2(t-1)}, y_{3(t-1)}$	$y_1, y_2$	$4 > 1$
2. rovnice	$x_{2t}, x_{5t}, y_{1(t-1)}, y_{3(t-1)}$	$y_1, y_2$	$4 > 1$
3. rovnice	$x_{2t}, x_{3t}, x_{4t}, y_{1(t-1)}, y_{2(t-1)}$	$y_1, y_2, y_3$	$5 > 2$

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky je patrné, že všechny rovnice simultánního modelu jsou přeidentifikované. Z toho vyplývá, že model je řešitelný pro aplikaci DMNČ.

#### 4.3.4. Odhad modelu DMNČ

Podkladová data pro odhad modelu simultánních rovnic se nachází v přílohách práce. Před odhadem za pomoci dvoustupňové metody nejmenších čtverců byla vyčíslena korelační matice pro zjištění výskytu vysoké multikolinearity v modelu.

**Tabulka 10 - Korelační matice pro simultánní model**

Proměnná	Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=21 (Celé případy vynechány u ChD)									
	y1t	y2t	y3t	x2t	x3t	x4t	x5t	y1(t-1)	y2(t-1)	y3(t-1)
y1t	<b>1,000000</b>	-0,569587	0,777918	-0,085408	0,465146	-0,768592	0,700138	0,622307	0,495535	-0,525046
y2t	-0,569587	<b>1,000000</b>	-0,580160	-0,231430	-0,438713	0,678562	-0,426584	-0,358042	-0,215165	0,738718
y3t	0,777918	-0,580160	<b>1,000000</b>	-0,333778	0,161973	-0,774971	0,579400	0,710701	0,589488	-0,497361
x2t	-0,085408	-0,231430	-0,333778	<b>1,000000</b>	0,698539	-0,129600	0,211714	-0,405083	-0,151493	-0,398148
x3t	0,465146	-0,438713	0,161973	0,698539	<b>1,000000</b>	-0,609367	0,775135	0,152606	0,425932	-0,635983
x4t	-0,768592	0,678562	-0,774971	-0,129600	-0,609367	<b>1,000000</b>	<b>-0,813868</b>	-0,600557	-0,669447	0,671269
x5t	0,700138	-0,426584	0,579400	0,211714	0,775135	<b>-0,813868</b>	<b>1,000000</b>	0,451056	0,689313	-0,567430
y1(t-1)	0,622307	-0,358042	0,710701	-0,405083	0,152606	-0,600557	0,451056	<b>1,000000</b>	0,766945	-0,490985
y2(t-1)	0,495535	-0,215165	0,589488	-0,151493	0,425932	-0,669447	0,689313	0,766945	<b>1,000000</b>	-0,483087
y3(t-1)	-0,525046	0,738718	-0,497361	-0,398148	-0,635983	0,671269	-0,567430	-0,490985	-0,483087	<b>1,000000</b>

Zdroj: SW Statistica - vlastní zpracování

Z uvedené korelační matice je patrné, že v modelu se vyskytuje vysoká multikolinearita mezi proměnnými  $x_{5t}$  a  $x_{4t}$ . Z tohoto důvodu je potřeba podkladová data upravit. Pro odstranění multikolinearity budou v tomto případě použity postupné diference pro proměnnou  $x_{5t}$ . Upravená podkladová data se nachází v příloze a upravená korelační matice je zobrazena níže.

**Tabulka 11 - Upravená korelační matice pro simultánní model**

Proměnná	Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=21 (Celé případy vynechány u ChD)									
	y1t	y2t	y3t	x2t	x3t	x4t	x5t	y1(t-1)	y2(t-1)	y3(t-1)
y1t	<b>1,000000</b>	-0,569587	0,777918	-0,085408	0,465146	-0,768592	-0,134436	0,622307	0,495535	-0,525046
y2t	-0,569587	<b>1,000000</b>	-0,580160	-0,231430	-0,438713	0,678562	-0,267074	-0,358042	-0,215165	0,738718
y3t	0,777918	-0,580160	<b>1,000000</b>	-0,333778	0,161973	-0,774971	-0,169375	0,710701	0,589488	-0,497361
x2t	-0,085408	-0,231430	-0,333778	<b>1,000000</b>	0,698539	-0,129600	0,722824	-0,405083	-0,151493	-0,398148
x3t	0,465146	-0,438713	0,161973	0,698539	<b>1,000000</b>	-0,609367	0,494540	0,152606	0,425932	-0,635983
x4t	-0,768592	0,678562	-0,774971	-0,129600	-0,609367	<b>1,000000</b>	-0,050515	-0,600557	-0,669447	0,671269
x5t	-0,134436	-0,267074	-0,169375	0,722824	0,494540	-0,050515	<b>1,000000</b>	-0,286580	-0,150851	-0,321954
y1(t-1)	0,622307	-0,358042	0,710701	-0,405083	0,152606	-0,600557	-0,286580	<b>1,000000</b>	0,766945	-0,490985
y2(t-1)	0,495535	-0,215165	0,589488	-0,151493	0,425932	-0,669447	-0,150851	0,766945	<b>1,000000</b>	-0,483087
y3(t-1)	-0,525046	0,738718	-0,497361	-0,398148	-0,635983	0,671269	-0,321954	-0,490985	-0,483087	<b>1,000000</b>

Zdroj: SW Statistica – vlastní zpracování

Odhad modelu simultánních rovnic byl proveden v softwaru Gretl, jehož výstup je uveden v příloze práce. Odhadnuté parametry jednotlivých rovnic jsou zobrazeny v tabulce níže

**Tabulka 12 - Odhadnuté parametry DMNČ**

1. rovnice		2. rovnice		3. rovnice	
Parametr	Hodnota parametru	Parametr	Hodnota parametru	Parametr	Hodnota parametru
$\gamma_{11}$ Jednotkový vektor	<b>3,189580</b>	$\gamma_{11}$ Jednotkový vektor	<b>0,750511</b>	$\gamma_{31}$ Jednotkový vektor	<b>14,661600</b>
$\gamma_{12}$ SC zmkové kávy	<b>-0,011055</b>	$\gamma_{23}$ SC rozpustné kávy	<b>0,005440</b>	$\gamma_{35}$ Kurz USD	<b>-0,231721</b>
$\gamma_{14}$ Hrubý měsíční příjem	<b>-0,026271</b>	$\gamma_{24}$ Hrubý měsíční příjem	<b>0,019340</b>	$\beta_{31}$ Spotřeba zmkové kávy	<b>2,422870</b>
$\beta_{11}$ Spotřeba zmkové kávy (t-1)	<b>-0,032434</b>	$\beta_{22}$ Spotřeba rozpustné kávy (t-1)	<b>0,608647</b>	$\beta_{32}$ Spotřeba rozpustné kávy	<b>-3,812650</b>
$\beta_{12}$ Spotřeba rozpustné kávy	<b>-0,109775</b>	$\beta_{21}$ Spotřeba zmkové kávy	<b>-0,488066</b>	$\beta_{33}$ Dovoz kávy (t-1)	<b>0,378854</b>

Zdroj: SW Gretl – vlastní zpracování

Na základě vypočtených parametrů lze sestavit výslednou podobu modelu simultánních rovnic.

$$y_{1t} = 3,18958x_{1t} - 0,011055x_{2t} - 0,026271x_{4t} - 0,032434y_{2t} - 0,109775y_{1(t-1)} + u_{1t}$$

$$y_{2t} = 0,750511x_{1t} + 0,00544x_{3t} + 0,019340x_{4t} - 0,488066y_{1t} + 0,608647y_{2(t-1)} + u_{2t}$$

$$y_{3t} = 14,6616x_{1t} - 0,231721x_{5t} + 2,42287y_{1t} - 3,81265y_{2t} + 0,378854y_{3(t-1)} + u_{3t}$$

### 4.3.5. Ekonomická verifikace

V ekonomické verifikaci simultánního modelu budou porovnány ekonomické předpoklady definované při formulaci ekonomického modelu s výsledky odhadu modelu pro každou rovnici zvlášť. Verifikace bude prováděna za podmínek ceteris paribus.

#### 1. rovnice závislé proměnné spotřeba zrnkové kávy

- ✓ Za předpokladu že všechny ostatní proměnné budou nulové, spotřeba zrnkové kávy by byla 3,2 kg na obyvatele za rok.
- ✓ Zvýší-li se spotřebitelská cena zrnkové kávy o jednotku, sníží se tak její spotřeba o 11,05 gramů kávy na obyvatele za rok.
- ✓ Zvýší-li se hrubý měsíční příjem spotřebitelů o jednotku, sníží se tak spotřeba zrnkové kávy o 26,27 gramů kávy na obyvatele za rok.
- ✓ Zvýší-li se spotřeba rozpustné kávy o jednotku, tak spotřeba zrnkové kávy se sníží o 109,78 gramů kávy na obyvatele za rok.
- ✓ Zvýší-li se spotřeba zrnkové kávy v předchozím roce o jednotku, její spotřeba se v současném roce sníží o 32,43 gramů na obyvatele za rok.

Uvedené působení vysvětlujících proměnných na spotřebu zrnkové kávy jsou v souladu s uvedenými ekonomickými předpoklady, kromě proměnné hrubý měsíční příjem. Podobně jako u jednorovnicového modelu lze předpokládat, že zrnková káva oproti kávě rozpustné není tak luxusní statek, a tedy s rostoucím příjmem nebude růst její spotřeba.

#### 2. rovnice závislé proměnné spotřeba rozpustné kávy

- ✓ Jsou-li všechny proměnné nulové, spotřeba rozpustné kávy činí 0,75 kg na obyvatele za rok
- ✓ Zvýší-li se spotřebitelská cena rozpustné kávy o jednotku, její spotřeba se nepatrně zvýší o 5,43 gramů na obyvatele za rok
- ✓ Zvýší-li se hrubý měsíční příjem spotřebitelů o jednotku, spotřeba rozpustné kávy se zvýší o 19,34 gramů kávy na obyvatele za rok
- ✓ Zvýší-li se spotřeba zrnkové kávy o jednotku, spotřeba rozpustné kávy se sníží o 488,1 gramů kávy na obyvatele za rok
- ✓ Zvýší-li se spotřeba rozpustné kávy v předchozím roce o jednotku, její spotřeba v současném období se zvýší o 608,6 gramů na obyvatele za rok



Působení ceny rozpustné kávy na její spotřebu není v tomto případě v souladu s ekonomickou teorií. Lze to vysvětlit tím, že rozpustná káva je spíše statek luxusní a tedy spotřeba rozpustné kávy není tak citlivá na její cenu. Z výsledků lze dále konstatovat, že spotřeba rozpustné kávy je do velké míry závislá na spotřebě zrnkové kávy, která jí ovlivňuje daleko více než její cena.

### 3. rovnice závislé proměnné dovoz kávy

- ✓ Jsou-li všechny proměnné nulové, vývoz kávy je 14,66 tisíc tun za rok
- ✓ Zvýší-li se kurz amerického dolaru o jednotku, dovoz kávy se sníží o 0,23 tisíc tun za rok
- ✓ Zvýší-li se dovoz kávy v předchozím období o jednotku, dovoz kávy v aktuálním období se zvýší o 0,379 tisíc tun za rok
- ✓ Zvýší-li se spotřeba zrnkové kávy o jednotku, dovoz kávy se zvýší o 2,42 tisíc tun za rok
- ✓ Zvýší-li se spotřeba rozpustné kávy o jednotku, dovoz kávy se sníží o 3,81 tisíc tun za rok

Proměnné dovoz kávy v předchozím roce a spotřeba rozpustné kávy se na základě výstupu analýzy nechovají podle ekonomických předpokladů. Dovož kávy zahrnuje do značné míry dovoz zrnkové kávy, přičemž rozpustná káva v dovozu zahrnutá není a proto její spotřeba neovlivňuje dovoz kávy.

## 4.3.6. Statistická verifikace

### Shoda modelu s daty

#### 1. rovnice závislé proměnné spotřeba zrnkové kávy

Hodnota koeficientu determinace je 0,6323. Znamená to, že změny vysvětlované proměnné spotřeba zrnkové kávy jsou z 63,23 % závislé na změnách vysvětlujících proměnných.

#### 2. rovnice závislé proměnné spotřeba rozpustné kávy

Koeficient druhé rovnice je roven 0,620876. Z toho vyplývá, že změny závislé proměnné spotřeba rozpustné kávy jsou z 62,09 % závislé na změnách vysvětlujících proměnných.

### 3. rovnice závislé proměnné dovoz kávy

Koeficient determinace pro tuto rovnici je 0,673644. Změny závislé proměnné dovoz kávy je tedy y 67,36 % vysvětleny změnami vysvětlujících proměnných.

### **Statistická významnost odhadnutých parametrů**

Statistická významnost parametrů bude znova posuzována na základě vypočtené p-hodnoty z výstupu softwaru Gretl.

### 1. rovnice závislé proměnné spotřeba zrnkové kávy

Nulová hypotéza říká, že odhadnuté parametry nejsou statisticky významné na zvolené hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Z tabulky níže lze říct, že statisticky významný je pouze parametr jednotkového vektoru.

**Tabulka 13 - Odhadnuté p-hodnoty 1. rovnice**

1. rovnice		
	Parametr	P-hodnota
$\gamma_{11}$	Jednotkový vektor	0,0002
$\gamma_{12}$	SC zrnkové kávy	0,1693
$\gamma_{14}$	Hrubý měsíční příjem	0,1003
$\beta_{11}$	Spotřeba zrnkové kávy (t-1)	0,9110
$\beta_{12}$	Spotřeba rozpustné kávy	0,4898

Zdroj: SW Gretl

### 2. rovnice závislé proměnné spotřeba rozpustné kávy

Ve druhé rovnici simultánního modelu je statisticky významný pouze parametr jedné proměnné a to spotřeby rozpustné kávy v předchozím období. Ostatní parametry jsou statisticky nevýznamné.

**Tabulka 14 - Odhadnuté p-hodnoty 2. rovnice**

2. rovnice		
	Parametr	P-hodnota
$\gamma_{11}$	Jednotkový vektor	0,7626
$\gamma_{23}$	SC rozpustné kávy	0,4381
$\gamma_{24}$	Hrubý měsíční příjem	0,5401
$\beta_{22}$	Spotřeba rozpustné kávy (t-1)	0,0125
$\beta_{21}$	Spotřeba zrnkové kávy	0,5426

Zdroj: SW Gretl

### 3. rovnice závislé proměnné dovoz kávy

V poslední rovnici modelu nejsou na hladině významnosti 0,05 významné žádné parametry. Na hladině významnosti 0,01 lze považovat za statisticky významný parametr proměnné dovoz kávy v předchozím roce.

**Tabulka 15 - Odhadnuté p-hodnoty 3. rovnice**

3. rovnice		
	Parametr	P-hodnota
$\gamma_{31}$	Jednotkový vektor	0,2838
$\gamma_{35}$	Kurz USD	0,3559
$\beta_{31}$	Spotřeba zrnkové kávy	0,6753
$\beta_{32}$	Spotřeba rozpustné kávy	0,1054
$\beta_{33}$	Dovoz kávy (t-1)	0,0798

Zdroj: SW Gretl

### **4.3.7. Ekonometrická verifikace**

Obdobně jako u jednorovnicového modelu budou v rámci ekonometrické verifikace provedeny testy autokorelace, heteroskedasticity a normality.

#### **Test autokorelace**

Pro testování přítomnosti autokorelace bude použitý Godfreyův test pro autokorelaci prvního řádu. Nulová hypotéza říká, že v modelu není přítomna autokorelace prvního řádu. Zvolená hladina významnosti  $\alpha$  je rovná 0,05.

#### 1. rovnice závislé proměnné spotřeba zrnkové kávy

P-hodnota Godfreyova testu je 0,355. Tato hodnota je vyšší než zvolená hladina významnosti a tedy nelze nulovou hypotézu zamítnout. V 1. rovnici modelu není přítomná autokorelace.

#### 2. rovnice závislé proměnné spotřeba rozpustné kávy

P-hodnota testu je 0,352 a je vyšší než zvolená hladina významnosti. Nulovou hypotézu se nezamítá a výsledkem testu je nepřítomnost autokorelace ve 2. rovnici.

#### 3. rovnice závislé proměnné dovoz kávy

P-hodnota testu je rovna 0,367 a je opět vyšší než zvolena hladina významnosti. Nulovou hypotézu nelze zamítnout a ve 3. rovnici modelu není přítomna autokorelace prvního řádu.

### **Test heteroskedasticity**

Pro testování výskytu heteroskedasticity bude využitý Pesaran-Taylorův test. Nulová hypotéza říká, že v modelu se nevyskytuje heteroskedasticita. Zvolená hladina významnosti  $\alpha$  je 0,05.

#### 1. rovnice závislé proměnné spotřeba zrnkové kávy

P-hodnota Pesaran-Taylorova testu je 0,777. Tato hodnota je vyšší než zvolená hladina významnosti. Nulovou hypotézu nelze zamítnout. V modelu se nevyskytuje heteroskedasticita.

#### 2. rovnice závislé proměnné spotřeba rozpustné kávy

P-hodnota testu je 0,601 a je vyšší než hladina významnosti  $\alpha$ . Tím se potvrzuje homoskedasticita 2. rovnice modelu.

#### 3. rovnice závislé proměnné dovoz kávy

P-hodnota testu je rovna 0,12, tedy je vyšší než zvolena hladina významnosti. Nulová hypotéza se nezamítá a výsledkem testu je homoskedasticita 3. rovnice modelu.

### **Test normality reziduí**

Nulová hypotéza říká, že rezidua v modelu mají normální rozdělení. Zvolená hladina významnosti je 0,05.

#### 1. rovnice závislé proměnné spotřeba zrnkové kávy

P-hodnota testu normality je 0,88182. Vypočtená p-hodnota je patrně vyšší než hladina významnosti  $\alpha$ . Nulovou hypotézu nelze zamítnout a výsledkem testu je normální rozdělení reziduí v 1. rovnici modelu.

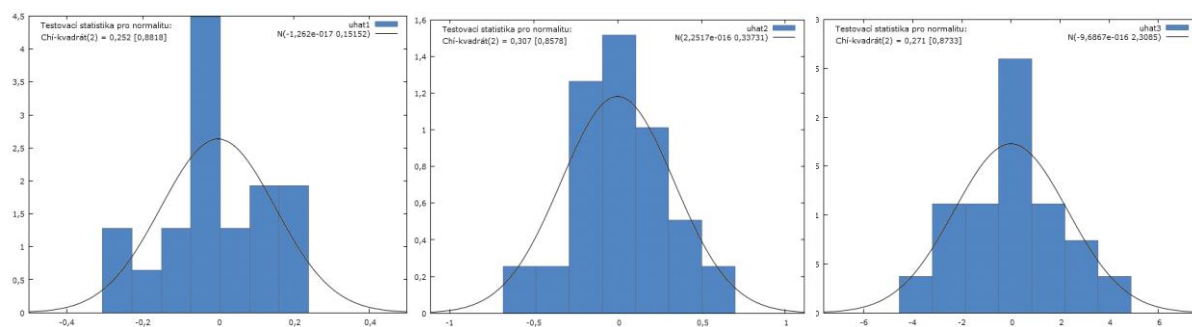
#### 2. rovnice závislé proměnné spotřeba rozpustné kávy

P-hodnota testu pro 2. rovnici je rovna 0,85784 a ta je vyšší než zvolená hladina významnosti. Nulová hypotéza se nezamítá a tedy rezidua 3. rovnice mají normální rozdělení.

#### 3. rovnice závislé proměnné dovozu kávy

P-hodnota testu normality je 0,87325. Vypočtená p-hodnota testu je vyšší než hladina významnosti  $\alpha$  a tedy nelze zamítnout nulovou hypotézu. Jedná se o normální rozdělení reziduí ve 3. rovnici modelu.

**Tabulka 16 - Normální rozdělení reziduí v simultánním modelu**



Zdroj: SW Gretl

V tabulce níže jsou uvedeny všechny výsledky testů pro ekonometrickou verifikaci simultánního modelu.

**Tabulka 17 - Výsledky testů ekonometrické verifikace pro MSR**

Rovnice	1. rovnice		2. rovnice		3. rovnice	
Test	Statistika	P-hodnota	Statistika	P-hodnota	Statistika	P-hodnota
Test autokorelace	0,919584	0,355	0,930924	0,352	0,872504	0,367
Test heteroskedasticity	0,282732	0,777	0,522525	0,601	1,555568	0,12
Test normality	0,252	0,8818	0,307	0,8578	0,271	0,87325

Zdroj: SW Gretl – vlastní zpracování

Z testů autokorelace, heteroskedasticity a normality vyplývá, že simultánní model splňuje všechny předpoklady pro aplikaci modelu.

#### 4.4. Aplikace simultánního modelu

Aplikace simultánního modelu bude provedena obdobně jako u jednorovnicového modelu. Nejdříve budou vypočteny koeficienty pružnosti na základě průměru jednotlivých proměnných ve sledovaném období. Následně budou připraveny simultánní scénáře za pomoci odvozených koeficientů pružnosti.

**Tabulka 18 - Výpočet pružností 1. rovnice**

Proměnná	Hodnota parametru	Průměr pozorování	Teoretická hodnota	Koeficient pružnosti
SC zrnkové kávy	-0,0110545	19,314	2,2930	-0,093112
Hrubý měsíční příjem	-0,0262709	18,380	2,2930	-0,210585
Spotřeba zrnkové kávy (t-1)	-0,0324339	2,302	2,2930	-0,032561
Spotřeba rozpustné kávy	-0,109775	1,144	2,2930	-0,054756

Zdroj: vlastní zpracování

V tabulce výše jsou uvedené vypočtené koeficienty pružnosti, které lze interpretovat následovně:

- ✓ Pokud se zvýší spotřebitelská cena zrnkové kávy o 1 %, potom se její spotřeba sníží o 0,09 %.
- ✓ Pokud se zvýší hrubý měsíční příjem spotřebitelů o 1 %, tak se spotřeba zrnkové kávy sníží o 0,21 %.
- ✓ Zvýší-li se spotřeba zrnkové kávy v předchozím roce, potom se její spotřeba v aktuálním roce sníží o 0,03 %.
- ✓ Zvýší-li se spotřeba rozpustné kávy o 1 %, spotřeba zrnkové kávy se sníží o 0,05 %.

Spotřeba zrnkové kávy je nejvíce ovlivňována proměnnou hrubý měsíční příjem spotřebitelů i přes to, že tato interpretace neodpovídá ekonomické teorii. Kdyby se uvažovalo, že rozpustná káva je ke kávě zrnkové statek luxusní, potom by tomu tak skutečně bylo. Jinak řečeno, s růstem příjmu spotřebitelů by klesala spotřeba zrnkové kávy a rostla spotřeba luxusnějšího statku rozpustné kávy.

V následující tabulce jsou vypočteny koeficienty pružnosti pro 2. rovnici simultánního modelu.

**Tabulka 19 - Výpočet pružností 2. rovnice**

Proměnná	Hodnota parametru	Průměr pozorování	Teoretická hodnota	Koeficient pružnosti
SC rozpustné kávy	0,00543992	90,549	1,1569	0,425766
Hrubý měsíční příjem	0,0193395	18,380	1,1569	0,307251
Spotřeba rozpustné kávy (t-1)	0,608647	1,105	1,1569	0,581328
Spotřeba zrnkové kávy	-0,488066	2,283	1,1569	-0,963056

Zdroj: vlastní zpracování

Interpretace koeficientů pružnosti 2. rovnice:

- ✓ Pokud se spotřebitelská cena rozpustné kávy zvýší o 1 %, potom se její spotřeba zvýší o 0,43 %
- ✓ Zvýší-li se hrubý měsíční příjem spotřebitelů, tak se spotřeba rozpustné kávy zvýší o 0,31 %
- ✓ Pokud se zvýší spotřeba rozpustné kávy v předchozím období, tak její spotřeba v současném období vzroste o 0,58 %.
- ✓ Zvýší-li se spotřeba zrnkové kávy o 1 %, spotřeba rozpustné kávy se sníží o 0,96 %.

Největší vliv na spotřebu rozpustné kávy má v tomto případě proměnná spotřeba zrnkové kávy, která jí ovlivňuje až ze 42,3 %.

**Tabulka 20 - Výpočet pružností 3. rovnice**

Proměnná	Hodnota parametru	Průměr pozorování	Teoretická hodnota	Koeficient pružnosti
Kurz USD	-0,231721	-0,0973	16,3371	-0,001383
Spotřeba zrnkové kávy	2,42287	2,2829	16,3371	0,338559
Spotřeba rozpustné kávy	-3,81265	1,1437	16,3371	-0,266920
Dovoz kávy (t-1)	0,378854	1,2738	16,3371	0,029539

Zdroj: vlastní zpracování

V tabulce výše jsou spočítány koeficienty pružnosti pro poslední rovnici simultánního modelu a lze je interpretovat následovně:

- ✓ Pokud se zvýší meziroční rozdíl kurzu amerického dolaru o 1 %, potom se dovoz kávy sníží o 0,002 %
- ✓ Pokud se zvýší spotřeba zrnkové kávy o 1 %, potom se dovoz kávy zvýší o 0,34 %
- ✓ Zvýší-li se spotřeba rozpustné kávy o 1 %, tak se dovoz kávy sníží o 0,27 %
- ✓ Zvýší-li se dovoz kávy v předchozím roce, potom se dovoz kávy v současném roce zvýší o 0,03 %.

Dovoz kávy je nejvíce ovlivněn spotřebou zrnkové kávy. Tato proměnná ovlivňuje dovoz kávy z 53,2 %.

## **Simulace scénářů simultánního modelu**

Vybrané simulační scénáře se budou týkat posledního roku 2015 a budou provedeny za podmínek *ceteris paribus*.

1. *Jak se změní spotřeba rozpustné kávy v roce 2015, pokud se sníží hrubý měsíční příjem spotřebitelů o 15 %.*

Předpokládá se, že snížení příjmu vyvolá pokles spotřeby rozpustné kávy. Změní-li se hrubý příjem o 15 %, pak se spotřeba rozpustné kávy sníží o 4,6 %. Pro rok 2015 to znamená změnu spotřeby rozpustné kávy z 1,92 kg na 1,83 kg kávy na obyvatele za rok.

2. *Jak se změní spotřeba rozpustné kávy, aby spotřeba zrnkové kávy v roce 2015 byla 2,1 kg/obyvatel/rok?*

Pokud by byla v roce 2015 spotřeba zrnkové kávy 2,1 kg/obyvatel/rok, znamenalo by to změnu o 10,5 %. Aby toho bylo dosaženo, je nutné, aby se spotřeba rozpustné kávy snížila o 10,14 %. Spotřeba rozpustné kávy by se tak snížila z 1,92 kg na 1,73 kg kávy na obyvatele za rok.

3. *Jak se změní dovoz kávy v roce 2015, pokud spotřeba zrnkové kávy vzroste o 20 %.*

Pokud se spotřeba zrnkové kávy zvýší o 20 %, dovoz kávy se zvýší o 6,8 %. To znamená, že dovoz kávy by v takovém případě vzrostl z 22,55 tisíc tun na 24,1 tisíc tun kávy za rok.

### **4.4.1. Prognózy z MSR**

Odvození prognóz z modelu simultánních rovnic bude proveden v několika krocích. V prvním kroku budou vyčísleny matice Beta a Gamma a z nich následně matice multiplikátorů. Za pomoci matice multiplikátorů lze dále sestavit model simultánních rovnic v redukovaném tvaru. Ve druhém kroku budou odvozeny prognózy všech vysvětlujících proměnných pomocí lineárního trendu a AR modelu ve softwaru Gretl. V posledním kroku budou tyto hodnoty dosazeny do redukovaného tvaru simultánních rovnic a tím na závěr odhadnuté prognózy všech vysvětlovaných proměnných. Prognózy vysvětlovaných proměnných budou provedeny pro příští tři roky sledované časové řady, konkrétně pro roky 2016, 2017 a 2018.



Maticе Beta má následovný tvar:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,032434 & 0 \\ 0,488066 & 1 & 0 \\ -2,42287 & 3,81265 & 1 \end{bmatrix}$$

Maticе Gamma má tvar:

$$\begin{bmatrix} -3,189958 & 0,011055 & 0 & 0,026271 & 0 & 0,109775 & 0 & 0 \\ -0,750511 & 0 & -0,00544 & -0,01934 & 0 & 0 & -0,60865 & 0 \\ -14,6616 & 0 & 0 & 0 & 0,231721 & 0 & 0 & -0,37885 \end{bmatrix}$$

Maticе M má výslednou podobu:

$$\begin{bmatrix} 3,216149 & -0,011233 & -0,00018 & -0,02733 & 0 & -0,11154 & -0,02006 & 0 \\ -0,819182 & 0,005482 & 0,005527 & 0,032679 & 0 & 0,054439 & 0,618437 & 0 \\ 25,57717 & -0,048118 & -0,02151 & -0,19081 & -0,231721 & -0,47781 & -2,40648 & 0,378854 \end{bmatrix}$$

Z vypočtené matice multiplikátorů lze sestavit model simultánních rovnic v redukovaném tvaru:

$$y_{1t} = 3,21615 - 0,01123x_{2t} - 0,00018x_{3t} - 0,02733x_{4t} - 0,11154y_{1(t-1)} - 0,02006 y_{2(t-1)} + v_{1t}$$

$$y_{2t} = -0,81918 + 0,00548x_{2t} + 0,00553x_{3t} + 0,03268x_{4t} + 0,05444y_{1(t-1)} + 0,61844 y_{2(t-1)} + v_{2t}$$

$$y_{3t} = 25,5772 - 0,04812x_{2t} - 0,02151x_{3t} - 0,19081x_{4t} - 0,231721x_{5t} - 0,47781y_{1(t-1)} - 2,40648 y_{2(t-1)} + 0,37885y_{3(t-1)} + v_{3t}$$

Odhadnuté prognózy všech predeterminovaných proměnných jsou v následující tabulce:

**Tabulka 21 - Prognózy predeterminovaných proměnných MSR**

Prognózy	X <sub>2t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>4t</sub>	X <sub>5t</sub>	Y <sub>1(t-1)</sub>	Y <sub>2(t-1)</sub>	Y <sub>3t-1</sub>
2016	23,614	89,16	28,712	1,605	2,10	1,368095	19,21745
2017	23,077	89,02	29,651	0,318	2,20	1,301185	19,38931
2018	22,409	88,89	30,59	-0,183	2,18	1,269484	19,52702

Zdroj: SW Gretl – vlastní zpracování

Dosažením odvozených prognóz predeterminovaných proměnných do redukovaného tvaru modelu budou odhadnuty výsledné prognózy pro všechny vysvětlované proměnné. Tyto prognózy jsou vyčísleny v následující tabulce.

**Tabulka 22 - Prognózy vysvětlovaných proměnných MSR**

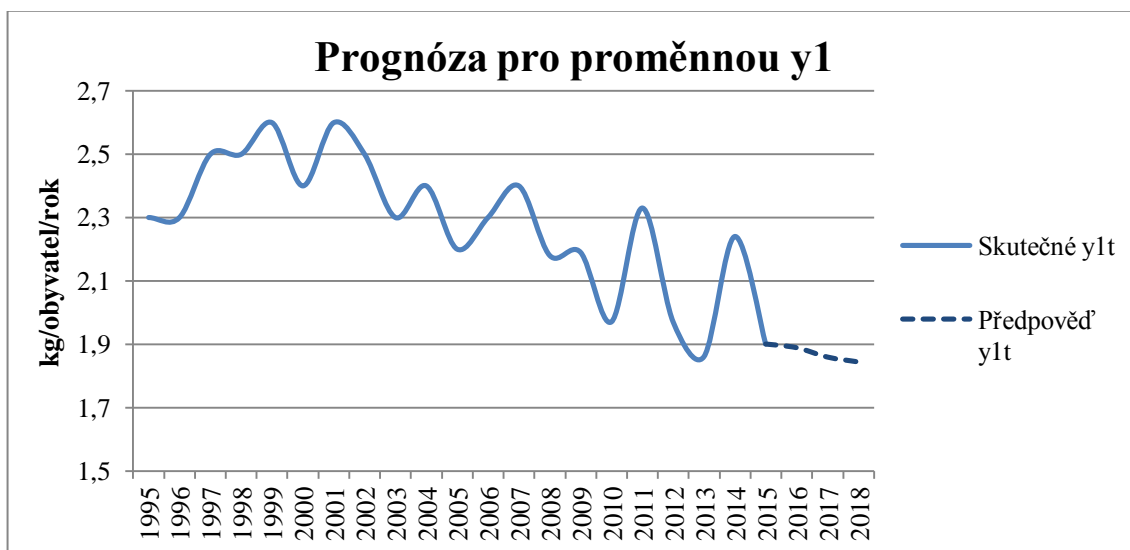
Prognózy	$y_{1t}$	$y_{2t}$	$y_{3t}$
2016	1,89	1,702	19,658
2017	1,86	1,693	19,984
2018	1,84	1,698	20,094

Zdroj: vlastní zpracování

### **Prognóza pro spotřebu zrnkové kávy**

Spotřeba zrnkové kávy v roce 2016 by měla dle prognózy dosáhnout 1,89 kg kávy na osobu za rok. V roce 2017 by měla spotřeba zrnkové kávy mírně klesnout na 1,86 kg a v roce 2018 zase klesnout na 1,84 kg kávy na osobu za rok. Z toho dále vyplývá, že spotřeba zrnkové kávy bude mít nadále lineárně klesající trend. Vývoj skutečné spotřeby a prognózované spotřeby je zobrazen v následujícím grafu.

**Graf 17 - Prognóza pro proměnnou  $y_1$**

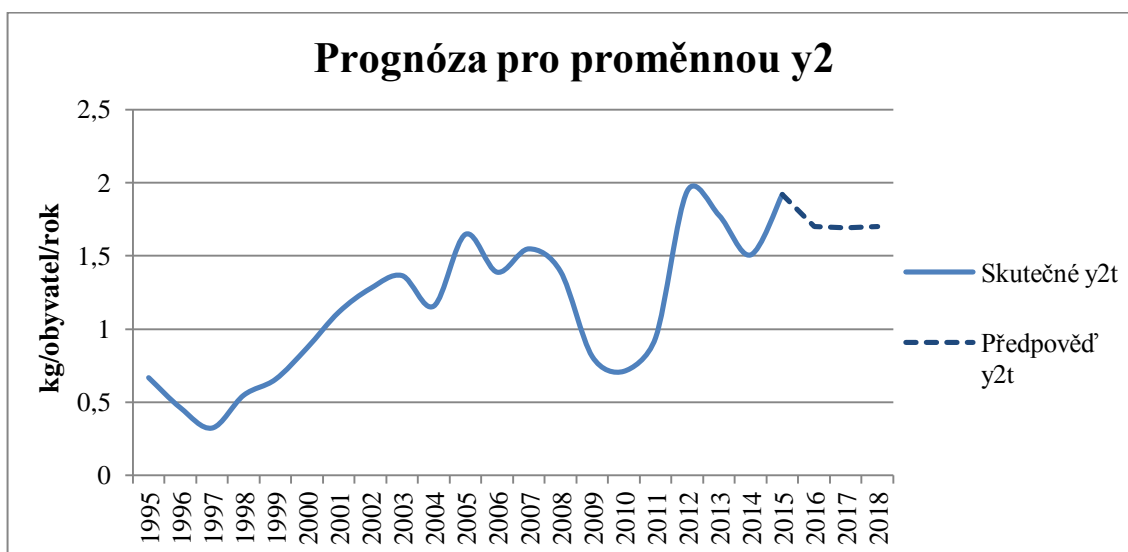


Zdroj: SW Gretl – vlastní zpracování

### **Prognóza pro spotřebu rozpustné kávy**

Spotřeba rozpustné kávy pro rok 2016 je odhadována na 1,702 kg kávy na osobu. V roce 2017 lze očekávat pokles spotřeby rozpustné kávy a to na 1,693 kg na osobu. V roce 2018 se předpokládá mírný pokles spotřeby rozpustné kávy na 1,698 kg kávy na osobu za rok. V následujícím grafu je uveden vývoj spotřeby rozpustné kávy a její prognózy.

**Graf 18 - Prognóza pro proměnnou y2**

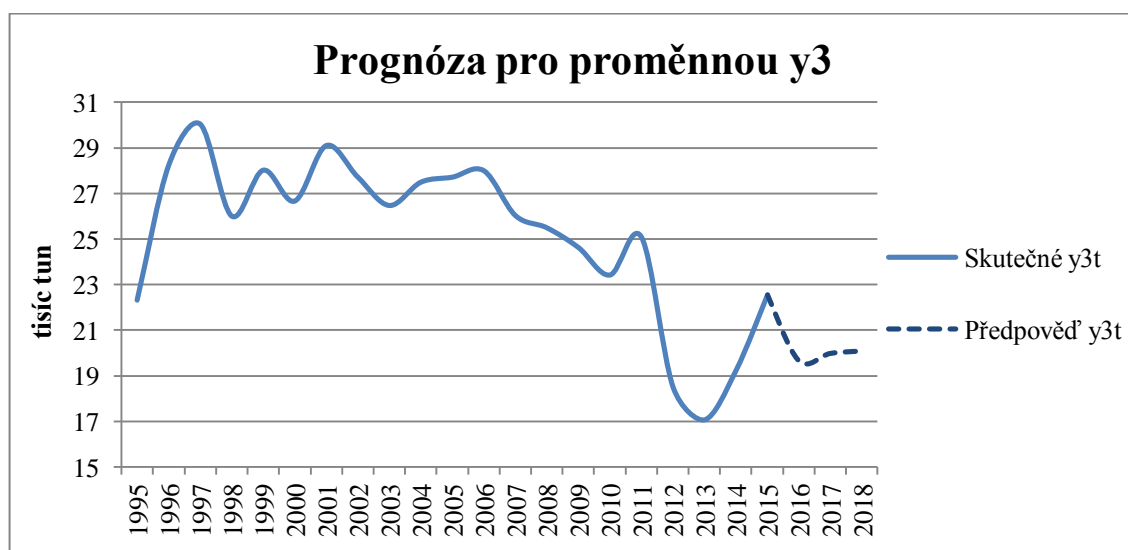


Zdroj: SW Gretl – vlastní zpracování

### **Prognóza pro dovoz kávy**

Z odhadnuté prognózy dovozu kávy lze nadále předpokládat klesající lineární trend této proměnné. V roce 2016 se odhaduje pokles dovozu kávy na 19,66 tisíc tun. V roce 2017 se odhaduje, že se dovoz kávy lehce zvýší na 19,98 tisíc tun a v roce 2018 na 20,1 tisíc tun kávy. Trend vývoje dovozu kávy a prognózovaný trend vývozu kávy je zobrazen v grafu níže.

**Graf 19 - Prognóza pro proměnnou y3**



Zdroj: SW Gretl – vlastní zpracování

## 5. Závěr

V první fázi praktické části diplomové práce byly analyzovány trendy vývoje vybraných determinant poptávky po kávě. Z analýzy lze konstatovat, že spotřeba zrnkové kávy klesá zejména z důvodu růstu spotřeby kávy rozpustné, která se v posledních letech stává novým trendem ve světě kávy. Ve sledovaném období spotřeba rozpustné kávy meziročně roste až o 10,6 %. Cena jak zrnkové kávy tak rozpustné v dlouhodobém vývoji klesá a tento trend se předpokládá i v příštích letech. Hrubý měsíční příjem spotřebitelů roste konstantně v průměru o 908 Kč za rok, přičemž obdobný trend vývoje se odhaduje i do budoucna.

Ve druhé fázi byl sestaven jednorovnicový lineární regresní model, který vysvětluje chování spotřeby zrnkové kávy za pomoci vybraných proměnných, kterými jsou spotřebitelská cena zrnkové kávy, spotřebitelská cena rozpustné kávy, průměrný měsíční příjem spotřebitelů a nakonec spotřeba zrnkové kávy v předchozím období. Změny vybraných vysvětlujících proměnných ovlivňují změny spotřeby zrnkové kávy ze 73,4 %. Z toho vyplývá, že do modelu byly zahrnuty významné proměnné jak z hlediska statistického, tak z hlediska ekonometrického. Na základě vypočtených pružností lze říci, že spotřebu zrnkové kávy nejvíce ovlivňuje její spotřeba v předchozím roce a to až z 31 %. Celkem z 30,6 % ovlivňuje spotřebu zrnkové kávy cena rozpustné kávy, přičemž cena zrnkové kávy ovlivňuje její spotřebu pouze z 16,7 %. Z odhadu jednorovnicového modelu dále vyplynulo, že odhadnuté předpoklady odpovídají ekonomickým předpokladům o závislosti vysvětlujících proměnných na vysvětlované proměnnou, kromě proměnné hrubý měsíční příjem. Ekonomická teorie říká, že s růstem příjmu spotřebitelů se zvýší spotřeba daného statku. V tomto případě tomu tak není a to by se dalo zdůvodnit charakteristikou daného statku. Spotřebitelé v současné době nepovažují zrnkovou kávu za tak luxusní statek jakým je káva rozpustná, a proto lze předpokládat, že s růstem příjmu budou spotřebitelé vyhledávat luxusnější statek a tím spotřeba zrnkové kávy bude klesat. Nakonec byla provedená prognóza pro příští tři období pozorování, čímž se potvrdil klesající lineární trend spotřeby zrnkové kávy. V roce 2016 by měla spotřeba zrnkové kávy nepatrně vzrůst oproti předchozímu období na 1,91 kg kávy na obyvatele za rok. V roce 2017 spotřeba kávy opět klesne na 1,86, poté v roce na 1,87 kg kávy na obyvatele za rok.

V další části byl sestaven model simultánních rovnic, který vysvětluje chování spotřeby zrnkové kávy, spotřeby rozpustné kávy a nakonec dovozu kávy, tedy se jedná o třírovnicový model. Sestavení simultánního modelu bylo velmi obtížné, přesto bylo dosaženo odpovídajícím výsledkům. Do tohoto modelu byly přidány další vysvětlující proměnné, jako kurz amerického dolaru, spotřeba rozpustné kávy v předchozím období a dovoz kávy v předchozím období.

Ze simultánního modelu vyplývá, že spotřeba zrnkové kávy je z 63,23 % ovlivněna změnami vybraných vysvětlujících proměnných, spotřeba rozpustné kávy z 62,1 % a dovoz kávy je ovlivněn z 67,36 %. Dále lze na základě elasticity jednotlivých proměnných určit, že nejvíce ovlivňuje spotřebu zrnkové kávy hrubý měsíční příjem spotřebitelů, spotřebu rozpustné kávy zase nejvíce ovlivňuje spotřeba zrnkové kávy, která zároveň nejvíce ovlivňuje také dovoz kávy.

Z ekonomické verifikace modelu byl zjištěn nesoulad odhadnutých předpokladů s předpoklady ekonomické teorie. Konkrétně se jedná o působení příjmu spotřebitelů na spotřebu zrnkové kávy, které bylo již vysvětleno při jednorovnicovém modelu. Dále bylo na základě modelu odhadnuto, že s růstem ceny rozpustné kávy se zvýší její spotřeba, přičemž ekonomická teorie toto vyvrací. Pokud by bylo dále uvažováno o rozpustné kávě jako statku luxusním, potom by spotřeba rozpustné kávy nebyla citlivá na její cenu a odhadnutý předpoklad by byl v pořádku. Posledním nesouladem je závislost spotřeby rozpustné kávy na dovozu kávy, kdy byl vyvozen závěr, že rozpustná káva nemá vliv na dovoz kávy, jelikož dovoz kávy je evidován pouze v podobě zrnkové kávy.

Na závěr byly z modelu simultánních rovnic odvozeny prognózy všech vysvětlovaných proměnných. Odhaduje se, že spotřeba zrnkové kávy bude v příštích třech letech nadále klesat. V roce 2016 dosáhne spotřebu 1,89 kg, v roce 2017 klesne na 1,86 a v roce 2018 na 1,84 kg kávy na obyvatele za rok. Spotřeba rozpustné kávy dosáhne v roce 2016 spotřebu 1,70 kg, poté její spotřeba mírně klesne na 1,69 kg a nakonec v roce 2018 vzroste na 1,7 kg kávy na obyvatele za rok. Dovoz kávy dle odvozené prognózy bude mít v příštích letech rostoucí charakter, v roce 2016 bude dovoz činit 19,66 tisíc tun kávy, pak v roce 2017 19,98 tisíc tun a v roce 2018 to bude 20,09 tisíc tun kávy.

## 6. Zdroje

### 6.1. Odborná literatura

1. AUGUSTÍN, Jozef. *U kávy o kávě a kávovinách*. V Brně: Jota, 2016. ISBN 978-80-7462-850-4.
2. BADI H. BALTAGI. *Econometrics*. 4th ed. Berlin: Springer, 2008. ISBN 978-3-540-76515-8.
3. BRČÁK, Josef a Bohuslav SEKERKA. *Mikroekonomie*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2010. ISBN 978-80-7380-280-6.
4. ČECHURA, Lukáš. *Cvičení z ekonometrie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2014. ISBN 978-80-213-2405-3.
5. GREENE, William H. *Econometric analysis*. 5th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, c2003. ISBN 0-13-066189-9.
6. GUJARATI, Damodar N. *Basic econometrics*. 4th ed. Boston: McGraw-Hill, 2002. McGraw-Hill international editions. ISBN 978-0-07-247852-5.
7. HOLMAN, Robert. *Ekonomie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: C.H. Beck, 2005. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 80-7179-891-6.
8. HOLMAN, Robert. *Mikroekonomie. Středně pokročilý kurz*. 1. vydání. Praha: C. H. Beck, 2002. ISBN 80-7179-737-5
9. HOŠKOVÁ, Pavla, JINDROVÁ, Andrea, PROCHÁZKOVÁ, Radka. *Statistika v manažerské a obchodní praxi*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2014
10. HUŠEK, Roman. *Ekonomická analýza*. Praha: Oeconomica, 2007. ISBN 978-80-245-1300-3.
11. KRKOŠKOVÁ, Šárka, Adéla RÁČKOVÁ a Jan ZOUHAR. *Základy ekonometrie v příkladech*. 2., přeprac. vyd. Praha: Oeconomica, 2010. ISBN 978-80-245-1708-7.

12. MACÁKOVÁ, Libuše. *Mikroekonomie: základní kurs*. 8. aktualiz. vyd. Slaný: Melandrium, 2003. ISBN 80-86175-38-3.
13. MARČEK, Milan, Lucia PANČÍKOVÁ a Dušan MARČEK. *Ekonometria a soft computing*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2008. ISBN 978-80-8070-746-0.
14. SOUKUPOVÁ, Jana, HOŘEJŠÍ, Bronislava. *Mikroekonomie*. 5., aktualiz. vyd. Praha: Management Press, 2010. ISBN 978-80-7261-218-5.
15. TVRDOŇ, Jiří. *Ekonometrie*. Vyd. 5. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2015. ISBN 978-80-213-0819-0.
16. VANČO, Branislav. *Ekonometria pre manažérov*. Žilina: Žilinská univerzita, 2004. ISBN 978-80-969148-0-7.
17. VARIAN, Hal R. *Microeconomic analysis*. 3rd ed. New York: Norton, 1992. ISBN 0-393-95735-7.
18. VESELÁ, Petra. *Kniha o kávě: průvodce světem kávy s recepty na její přípravu*. Praha: Smart Press, 2010. ISBN 978-80-87049-34-1.
19. VÝROST, Tomáš, BAUMÖHL, Eduard a LYÓCSA, Štefan. *Kvantitatívne metódy v ekonómii III*. Košice: ELFA, 2013. 978-80-8086-211-4

## 6.2. Internetové zdroje

1. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD: *czso.cz* [online]. Dostupné také z: <https://www.czso.cz/>
2. INTERNATIONAL COFFEE ORGANISATION: *ico.org* [online]. Dostupné z: <http://www.ico.org/>
3. KURZYCZ: *kurzy.cz* [online]. Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/>

## 7. Přílohy

**Příloha 1 - Podkladová data pro jednorovnicový model**

Proměnná	Spotřeba zrnkové kávy (kg/obyvatel/rok)	Jednotkový vektor	Spotřeba rozpustné kávy (kg/obyvatel/rok)	Spotřebitelská cena zrnkové kávy (Kč/100g)	Spotřebitelská cena rozpustné kávy (Kč/100g)	Dovoz kávy (tis. Kč)	Průměrná hrubá měsíční mzda (Kč)
Rok	$y_{1t}$	$x_{1t}$	$x_{2t}$	$x_{3t}$	$x_{4t}$	$x_{5t}$	$x_{6t}$
1995	2,30	1	0,67	56,19	88,88	2 638 539	8 307
1996	2,30	1	0,46	48,50	94,13	2 076 847	9 825
1997	2,50	1	0,32	46,83	100,64	2 490 517	10 802
1998	2,50	1	0,55	52,17	122,68	2 171 409	11 801
1999	2,60	1	0,66	46,59	120,92	1 883 005	12 797
2000	2,40	1	0,87	42,29	115,15	1 612 273	13 219
2001	2,60	1	1,11	35,15	103,85	1 292 082	14 378
2002	2,50	1	1,28	29,71	90,23	960 782	15 524
2003	2,30	1	1,36	26,15	82,91	1 035 184	16 430
2004	2,40	1	1,16	26,43	80,32	1 224 189	17 466
2005	2,20	1	1,65	26,37	79,60	1 640 490	18 344
2006	2,30	1	1,39	26,98	75,20	2 004 823	19 546
2007	2,40	1	1,55	27,45	72,90	2 423 254	20 957
2008	2,18	1	1,39	30,33	77,21	2 448 483	22 592
2009	2,19	1	0,81	32,07	76,44	2 554 103	23 344
2010	1,97	1	0,71	31,94	76,73	2 672 688	23 864
2011	2,33	1	0,94	40,04	82,17	3 615 016	24 455
2012	1,97	1	1,94	47,63	90,86	3 447 436	25 067
2013	1,86	1	1,78	46,20	91,92	3 304 311	25 035
2014	2,24	1	1,51	44,85	89,47	5 702 167	25 768
2015	1,90	1	1,92	47,31	89,32	12 521 818	26 467

Zdroj: ČSÚ - vlastní zpracování



## Příloha 2 - BMNČ - Výstup Gretl

Model 1: OLS, za použití pozorování 1995-2015 (T = 21)					
Závisle proměnná: y1t					
	koeficient	směr. chyba	t-podíl	p-hodnota	
const	3,47368	0,598452	5,804	2,69e-05	***
x2t	-0,0344289	0,00971052	-3,546	0,0027	***
x3t	0,0103771	0,00345344	3,005	0,0084	***
x4t	-0,0278128	0,00653464	-4,256	0,0006	***
y1t_1	-0,415427	0,229599	-1,809	0,0892	*
Střední hodnota závisle proměnné			2,282857		
Sm. odchylka závisle proměnné			0,216359		
Součet čtverců reziduí			0,249089		
Sm. chyba regrese			0,124772		
Koeficient determinace			0,733944		
Adjustovaný koeficient determinace			0,667430		
F(4, 16)			11,03443		
P-hodnota(F)			0,000173		
Logaritmus věrohodnosti			16,76419		
Akaikovo kritérium			-23,52838		
Schwarzovo kritérium			-18,30577		
Hannan-Quinnovo kritérium			-22,39494		
rho (koeficient autokorelace)			-0,303384		
Durbin-Watsonova statistika			2,603261		
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu					

Zdroj: SW Gretl

## Příloha 3 - Podkladová data pro simultánní model

Proměnná	Spotřeba zrnkové kávy (kg/obyvatel/rok)	Spotřeba rozpustné kávy (kg/obyvatel/rok)	Dovoz kávy (tisíc tun)	Jednotkový vektor	SC zrnkové kávy (Kč/100g)	SC rozpustné kávy (Kč/100g)	Průměrná hrubá měsíční mzda (tis. Kč)	Kurz USD (Kč/USD)	Spotřeba zrnkové kávy t-1 (kg/obyvatel/rok)	Spotřeba rozpustné kávy t-1 (kg/obyvatel/rok)	Dovoz kávy t-1 (tisíc tun)
Rok	Y <sub>1t</sub>	Y <sub>2t</sub>	Y <sub>3t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>4t</sub>	X <sub>5t</sub>	Y <sub>1(t-1)</sub>	Y <sub>2(t-1)</sub>	Y <sub>3(t-1)</sub>
1995	2,30	0,67	22,314	1	28,10	88,88	8,307	26,545			
1996	2,30	0,46	28,219	1	24,25	94,13	9,825	27,138	2,300	0,668	2,006
1997	2,50	0,32	30,033	1	23,42	100,64	10,802	31,711	2,300	0,463	1,730
1998	2,50	0,55	26,000	1	26,09	122,68	11,801	32,274	2,500	0,324	2,024
1999	2,60	0,66	28,013	1	23,30	120,92	12,797	34,600	2,500	0,548	1,493
2000	2,40	0,87	26,659	1	21,15	115,15	13,219	38,590	2,600	0,656	1,475
2001	2,60	1,11	29,091	1	17,58	103,85	14,378	38,038	2,400	0,871	1,200
2002	2,50	1,28	27,712	1	14,86	90,23	15,524	32,736	2,600	1,115	0,897
2003	2,30	1,36	26,464	1	13,08	82,91	16,430	28,227	2,500	1,276	0,647
2004	2,40	1,16	27,485	1	13,22	80,32	17,466	25,701	2,300	1,364	0,678
2005	2,20	1,65	27,706	1	13,19	79,60	18,344	23,947	2,400	1,156	0,855
2006	2,30	1,39	27,989	1	13,49	75,20	19,546	22,609	2,200	1,646	0,925
2007	2,40	1,55	26,025	1	13,73	72,90	20,957	20,308	2,300	1,388	1,014
2008	2,18	1,39	25,486	1	15,17	77,21	22,592	17,035	2,400	1,547	1,257
2009	2,19	0,81	24,622	1	16,04	76,44	23,344	19,057	2,180	1,392	1,409
2010	1,97	0,71	23,416	1	15,97	76,73	23,864	19,111	2,190	0,812	1,333
2011	2,33	0,94	25,076	1	20,02	82,17	24,455	17,688	1,970	0,711	1,141
2012	1,97	1,94	18,511	1	23,82	90,86	25,067	19,583	2,330	0,940	1,979
2013	1,86	1,78	17,067	1	23,10	91,92	25,035	19,565	1,970	1,941	1,078
2014	2,24	1,51	19,235	1	22,43	89,47	25,768	20,746	1,860	1,776	1,077
2015	1,90	1,92	22,551	1	23,66	89,32	26,467	24,600	2,240	1,505	1,257

Zdroj: ČSÚ, Kurzy.cz - vlastní zpracování

#### Příloha 4 - Upravená podkladová data pro simultánní model

Proměnná	Spotřeba zrnkové kávy (kg/obyvatel/rok)	Spotřeba rozpustné kávy (kg/obyvatel/rok)	Dovoz kávy (tisíc tun)	Jednotkový vektor	SC zrnkové kávy (Kč/100g)	SC rozpustné kávy (Kč/100g)	Průměrná hrubá měsíční mzda (tis. Kč)	Kurz USD (Kč/USD)	Spotřeba zrnkové kávy t-1 (kg/obyvatel/rok)	Spotřeba rozpustné kávy t-1 (kg/obyvatel/rok)	Dovoz kávy t-1 (tisíc tun)
Rok	Y <sub>1t</sub>	Y <sub>2t</sub>	Y <sub>3t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>4t</sub>	X <sub>5t</sub>	Y <sub>1(t-1)</sub>	Y <sub>2(t-1)</sub>	Y <sub>3(t-1)</sub>
1995	2,30	0,67	22,314	1	28,10	88,88	8,307				
1996	2,30	0,46	28,219	1	24,25	94,13	9,825	0,593	2,300	0,668	2,006
1997	2,50	0,32	30,033	1	23,42	100,64	10,802	4,573	2,300	0,463	1,730
1998	2,50	0,55	26,000	1	26,09	122,68	11,801	0,563	2,500	0,324	2,024
1999	2,60	0,66	28,013	1	23,30	120,92	12,797	2,326	2,500	0,548	1,493
2000	2,40	0,87	26,659	1	21,15	115,15	13,219	3,990	2,600	0,656	1,475
2001	2,60	1,11	29,091	1	17,58	103,85	14,378	-0,552	2,400	0,871	1,200
2002	2,50	1,28	27,712	1	14,86	90,23	15,524	-5,302	2,600	1,115	0,897
2003	2,30	1,36	26,464	1	13,08	82,91	16,430	-4,509	2,500	1,276	0,647
2004	2,40	1,16	27,485	1	13,22	80,32	17,466	-2,526	2,300	1,364	0,678
2005	2,20	1,65	27,706	1	13,19	79,60	18,344	-1,754	2,400	1,156	0,855
2006	2,30	1,39	27,989	1	13,49	75,20	19,546	-1,338	2,200	1,646	0,925
2007	2,40	1,55	26,025	1	13,73	72,90	20,957	-2,301	2,300	1,388	1,014
2008	2,18	1,39	25,486	1	15,17	77,21	22,592	-3,273	2,400	1,547	1,257
2009	2,19	0,81	24,622	1	16,04	76,44	23,344	2,022	2,180	1,392	1,409
2010	1,97	0,71	23,416	1	15,97	76,73	23,864	0,054	2,190	0,812	1,333
2011	2,33	0,94	25,076	1	20,02	82,17	24,455	-1,423	1,970	0,711	1,141
2012	1,97	1,94	18,511	1	23,82	90,86	25,067	1,895	2,330	0,940	1,979
2013	1,86	1,78	17,067	1	23,10	91,92	25,035	-0,018	1,970	1,941	1,078
2014	2,24	1,51	19,235	1	22,43	89,47	25,768	1,181	1,860	1,776	1,077
2015	1,90	1,92	22,551	1	23,66	89,32	26,467	3,854	2,240	1,505	1,257

Zdroj: ČSÚ, Kurzy.cz - vlastní zpracování

#### Příloha 5 - 1. rovnice DMNČ - Výstup Gretl

```

Model 1: TSLS, za použití pozorování 1996-2015 (T = 20)
Závisle proměnná: y1t
Instrumentováno: y2t
Instrumentální proměnné: const x2t x3t x4t x5t y3t1 y1t1 y2t1
    
```

	koeficient	směr. chyba	z	p-hodnota	
const	3,18958	0,861110	3,704	0,0002	***
x2t	-0,0110545	0,00804207	-1,375	0,1693	
x4t	-0,0262709	0,0159846	-1,644	0,1003	
y1t1	-0,0324339	0,290238	-0,1117	0,9110	
y2t	-0,109775	0,158951	-0,6906	0,4898	
Střední hodnota závisle proměnné			2,282000		
Sm. odchylka závisle proměnné			0,221944		
Součet čtverců reziduí			0,344354		
Sm. chyba regrese			0,151515		
Koeficient determinace			0,632343		
Adjustovaný koeficient determinace			0,534301		
F(4, 15)			6,578977		
P-hodnota(F)			0,002894		
rho (koeficient autokorelace)			-0,186626		
Durbin-Watsonova statistika			2,199003		

Zdroj: SW Gretl

**Příloha 6 - 2. rovnice DMNČ - Výstup Gretl**

Model 2: TSLS, za použití pozorování 1996–2015 (T = 20)  
 Závisle proměnná: y2t  
 Instrumentováno: y1t  
 Instrumentální proměnné: const x2t x3t x4t x5t y3t1 y1t1 y2t1

	koeficient	směr. chyba	z	p-hodnota	
const	0,750511	2,48478	0,3020	0,7626	
x3t	0,00543992	0,00701489	0,7755	0,4381	
x4t	0,0193395	0,0315634	0,6127	0,5401	
y2t1	0,608647	0,243590	2,499	0,0125	**
y1t	-0,488066	0,801664	-0,6088	0,5426	
Střední hodnota závisle proměnné			1,167540		
Sm. odchylka závisle proměnné			0,486628		
Součet čtverců reziduí			1,706634		
Sm. chyba regrese			0,337306		
Koefficient determinace			0,620876		
Adjustovaný koefficient determinace			0,519776		
F(4, 15)			6,243909		
P-hodnota(F)			0,003648		
rho (koefficient autokorelace)			0,197293		
Durbin-Watsonova statistika			1,549862		

Zdroj: SW Gretl

**Příloha 7 - 3. rovnice DMNČ - Výstup Gretl**

Model 3: TSLS, za použití pozorování 1996–2015 (T = 20)  
 Závisle proměnná: y3t  
 Instrumentováno: y1t y2t  
 Instrumentální proměnné: const x2t x3t x4t x5t y3t1 y1t1 y2t1

	koeficient	směr. chyba	z	p-hodnota	
const	14,6616	13,6805	1,072	0,2838	
x5t	-0,231721	0,250986	-0,9232	0,3559	
y1t	2,42287	5,78488	0,4188	0,6753	
y2t	-3,81265	2,35436	-1,619	0,1054	
y3t1	0,378854	0,216283	1,752	0,0798	*
Střední hodnota závisle proměnné			25,36801		
Sm. odchylka závisle proměnné			3,574076		
Součet čtverců reziduí			79,93462		
Sm. chyba regrese			2,308457		
Koefficient determinace			0,673644		
Adjustovaný koefficient determinace			0,586616		
F(4, 15)			7,957407		
P-hodnota(F)			0,001194		
rho (koefficient autokorelace)			0,279419		
Durbin-Watsonova statistika			1,317754		

Zdroj: SW Gretl